



Escola Politècnica Superior  
d'Edificació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

# ARQUITECTURA TÈCNICA I EDIFICACIÓ

## TREBALL DE FI DE GRAU

### SISTEMES SATE

#### **Projectista**

Pérez García, Rosa M.

#### **Directores**

Bosch Gonzalez, Montserrat

Lacasta Palacio, Ana

#### **Convocatòria:**

JULIOL 2016



## RESUM

Aquest treball està enfocat en la realització d'un estudi metodològic dels sistemes SATE, i més en concret en l'anàlisi dels materials aïllants que el componen.

El treball està estructurat en cinc blocs que es van desenvolupant a mida que es van classificant un seguit de dades i estudis realitzats.

En el primer bloc es posa en antecedents l'estat actual del nostre parc edificat i les possibles intervencions per portar a terme una rehabilitació energètica, fent especial èmfasi en els sistemes SATE que són els que tractem en aquest treball.

El segon bloc presenta d'una manera generalitzada els components que conformen els Sistemes SATE, i com es realitza el seu muntatge d'una manera adequada a partir de les recomanacions de diferents fabricants.

Al tercer es realitza un recull i posterior classificació de dades, obtingudes en la recerca dels sistemes SATE disponibles al mercat. D'aquesta manera és possible realitzar una comparativa entre els materials aïllants en referència a les seves prestacions i sostenibilitat. En aquest bloc també s'analitza de quins certificats i etiquetes disposen, i es faciliten alguns preus orientatius dels materials aïllants que podem trobar en el mercat.

En el quart bloc, tractant un àmbit més tècnic, s'ha volgut avaluar quins espessors necessitem de cada tipologia de material aïllant per a complir amb les transmitàncies màximes exigides per el CTE en les zones climàtiques de Catalunya, proposant tres tipus de solucions constructives de façana.

I per últim, el cinquè bloc està dedicat al estudi del comportament dels SATE amb el pas de temps i a avaluacions de posta en obra més recents.

La recomanació que faig un cop finalitzat aquest estudi és basa en les dades i comparatives que he anat realitzant durant la seva execució. Per una banda recomanaria que es tinguin en compte altres materials aïllants als utilitzats amb més freqüència en aquests sistemes, ja que queda demostrat que les prestacions de materials aïllants més naturals i sostenibles no difereixen tant de les propietats que ofereixen els sintètics, i matisar per una altra banda, que els espessors necessaris entre aquests materials per complir les transmitàncies màximes a Catalunya són mínims.

Per finalitzar, recomanaria la rehabilitació energètica amb SATE ja que s'ha pogut verificar que si es realitza una bona posta en obra del sistema tenen molt bona resposta amb el pas dels anys.

## **INDEX**

<b>1. INTRODUCCIÓ</b>	<b>4</b>
<b>2. REHABILITACIÓ ENERGÈTICA I SISTEMES SATE</b>	<b>6</b>
2.1 ESTAT ACTUAL DEL PARC EDIFICAT	6
2.2 SISTEMES D'AÏLLAMENT TÈRMIC	6
2.3 EXEMPLES DE REHABILITACIÓ AMB SISTEMES SATE	7
<b>3. SISTEMES D'AÏLLAMENT TÈRMIC PER L'EXTERIOR (SATE)</b>	<b>10</b>
3.1 DEFINICIÓ	10
3.2 COMPONENTS	10
3.2.1 Morter adhesiu	10
3.2.2 Aïllant	11
3.2.3 Capa base i malla de reforç	13
3.2.4 Revestiment	13
3.3 MUNTATGE	14
3.3.1 Instal·lació del perfil d'arrencada	14
3.3.2 Col·locació dels panells aïllants	15
3.3.3 Fixació dels panells aïllants amb espigues	17
3.3.4 Fixació de panells aïllants amb perfils	20
3.3.5 Fixació mixta dels panells aïllants	20
3.3.6 Elements especials	21
3.3.7 Aplicació de perfils de reforç i armadura	22
3.3.8 Aplicació del revestiment final	24
3.4 LESIONS EN ELS SISTEMES SATE	25
3.5 IMPACTE AMBIENTAL I ANÀLISI DE CICLE DE VIDA	26
<b>4. ESTUDI DE L'OFERTA EN EL MERCAT DELS SATE</b>	<b>28</b>
4.1 MATERIALS AÏLLANTS	33
4.2 CERTIFICATS I ETIQUETATGE	39
4.3 IMPACTE AMBIENTAL DELS MATERIALS AÏLLANTS	41
4.4 PREUS ORIENTATIUS	46
<b>5. REQUERIMENTS DELS SISTEMES SATE A CATALUNYA</b>	<b>50</b>
<b>6. INTERVENCIÓ AMB SISTEMES SATE I PROPOSTES D'ENQUESTES</b>	<b>61</b>
6.1 EDIFICIS REHABILITATS AMB SATE	61
6.1.1 La Guineueta	61
6.1.2 Verdum	66
6.1.3 La Pau	71
6.2 EDIFICIS ACTUALMENT REHABILITATS AMB SATE	74
6.3 REHABILITACIÓ D'EDIFICI AMB SATE	78
6.4 PROPOSTA D'ENQUESTES	81
<b>7. CONCLUSIONS</b>	<b>86</b>
<b>8. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>87</b>
<b>9. AGRAÏMENTS</b>	<b>90</b>

**GLOSSARI**

<b>CG</b>	Vidre cel·lular
<b>CTE</b>	Codi tècnic d'Edificació
<b>e</b>	Espessor del material en m
<b>EPS G</b>	Poliestirè expandit amb grafit
<b>EPS</b>	Poliestirè expandit
<b>ETICS</b>	External thermal insulation composite system
<b>GEI</b>	Gasos d'efecte hivernacle
<b>GW</b>	Llana de vidre
<b>ICB</b>	Suro aglomerat
<b>MW</b>	Llana mineral
<b>NBC CT-79</b>	Normativa bàsica de la construcció – condicions tèrmiques
<b>PF</b>	Escuma fenòlica
<b>PIR</b>	Poliisocianurat
<b>R</b>	Resistència tèrmica
<b>Ra</b>	Resistència tèrmica de l'aïllant
<b>Rse</b>	Resistència superfície exterior
<b>Rsi</b>	Resistència superfície interior
<b>RT</b>	Resistència tèrmica total $m^2k/W$
<b>SATE</b>	Sistema d'aïllament tèrmic per l'exterior
<b>U</b>	Transmitància tèrmica $W/m^2K$
<b>WF</b>	Fibres de fusta
<b>XPS</b>	Poliestirè extruït
<b><math>\lambda</math></b>	Coeficient de conductivitat tèrmica $W/mk$
<b><math>\mu</math></b>	Coeficient de resistivitat al pas del vapor d'aigua

## 1. INTRODUCCIÓ

El projecte que teniu a les mans, neix arran de la proposta de realitzar un estudi metodològic dels sistemes SATE per a dur a terme rehabilitacions energètiques i veure quina és la tendència d'aquest tipus d'intervenció amb nous materials que siguin més eficients i respectuosos amb el medi ambient.

L'interès en poder conèixer en profunditat una de les diferents opcions que existeixen per a dur a terme rehabilitacions energètiques, juntament amb la possibilitat d'analitzar els materials aïllants emprats en els sistemes SATE i veure quina és la tendència a utilitzar materials més eficients per realitzar aquestes intervencions, va ser el que em va incitar a posar-me en contacte amb les professores Montserrat Bosch, Ana Lacasta i Mariana Palumbo, precursors d'aquesta iniciativa, amb la finalitat d'adquirir uns coneixements que avui en dia són de vital importància per a qualsevol tècnic degut a la necessitat que té el nostre parc edificat de ser rehabilitat energèticament.

L'objectiu d'aquest projecte és estudiar els sistemes SATE (*Sistema d'Aïllament Tèrmic per l'Exterior*) o ETICS (*External Thermic Insulation Composite System*), com es coneixen internacionalment, analitzant els elements que els componen i estudiant detalladament els materials aïllants a través de l'oferta que trobem actualment al mercat.

Així que per poder conèixer aquests sistemes amb la profunditat que volíem aconseguir, el treball s'ha estructurat en diferents blocs, sempre relacionats entre ells, on s'ha intentat aportar la màxima informació possible.

Per a poder començar tot l'anàlisi del sistema, es va portar a terme una recerca que implicava buscar fabricants que es dediquessin als sistemes SATE i anar recollint cada una de les dades que ens aportaven dels seus materials, tant en fitxes tècniques com en catàlegs, per a poder classificar-les i d'aquesta manera poder realitzar comparatives entre els materials aïllants.

Un cop obtinguda i classificada aquesta informació es considera interessant portar a terme els càlculs de transmissibilitats tèrmiques en tres tipologies constructives diferents, per comparar quins espessors de cada material aïllant es necessitarien per les diferents zones climàtiques de Catalunya complint el mínim que exigeix el CTE.

Coneguts els materials amb els que es poden realitzar els SATE i com s'ha de procedir amb la seva instal·lació, encara quedava un punt molt important per estudiar i era veure quina resposta tenen amb el pas del temps. Amb aquest motiu ens posem en contacte amb ADIGSA, que s'ofereixen a rebre'm i facilitar-me la informació de la que disposen dels SATE que van rehabilitar fa aproximadament 25 anys, amb el que porto a terme una sèrie de visites a diferents barris de Barcelona per poder estudiar de prop en quin estat es troben aquests edificis rehabilitats. Desenvolupant aquesta part del treball, em poso també en contacte amb un instal·lador de sistemes SATE en Tarragona, el qual està rehabilitant actualment uns edificis amb SATE, i m'informa d'un parell d'edificis rehabilitats fa relativament pocs anys els quals decideixo anar a visitar per veure quin és el seu estat i poder avaluar-lo. Amb aquestes visites de SATE's antics, nous i en execució, he realitzat els comentaris del que observava en un seguit de fotos que vaig realitzar.

Com a últim punt i de cara a futures investigacions, s'han desenvolupat diferents tipologies de qüestionaris destinats a fabricants, instal·ladors i tècnics o persones amb coneixements en aquest sector, amb l'objectiu de recollir informació que no es poden trobar en llibres ni en pàgines web, per aprofundir en temes sobre limitacions del sistema i de posta en obra entre altres qüestions.

## 2. REHABILITACIÓ ENERGÈTICA I SISTEMES SATE

### 2.1 ESTAT ACTUAL DEL PARC EDIFICAT

La nostra societat és conscient de que les fonts d'energia no renovable amb el pas del temps s'aniran exhaustint, i que hem d'anar evolucionant cap a un canvi on les energies renovables siguin la nostra primera font de consum juntament, i molt important, amb l'adaptació dels nostres habitatges en referència a la seva construcció/rehabilitació amb l'objectiu de reduir el consum energètic i les emissions de gasos d'efecte hivernacle.

Des de fa dècades s'està lluitant per aconseguir fer una construcció més sostenible i respectuosa amb el medi ambient. Mostra d'això són totes les normatives que s'han anat publicant des de la NBC CT-79 fins l'actual CTE, el qual es va renovant constantment cada vegada que surt una nova directiva d'estalvi energètic en la Comunitat Europea.

El nostre parc edificat ronda aproximadament els 25 milions d'habitatges dels quals més de la meitat té més de 30 anys d'antiguitat i segons fonts de l'Institut Nacional d'Estadística, en el seu últim informe del 2015 referent a dades del 2013, teníem unes emissions de 63.919,2 milions de tCO<sub>2</sub> equivalent, el que representa un 20,2% de les emissions totals (1) i un consum d'energia final, sense tindre en compte els edificis del sector terciari, del 17% segons recull un informe de WWF (2).

En el segon període de compromís 2013-2020 amb el Protocol de Kioto, la Unió Europea ha fixat els objectius en reduir les emissions de GEI en un 20% respecte l'any 1990. Davant de l'objectiu proposat ja s'han portat a terme estudis basats en l'aplicació de rehabilitació tèrmica al nostre parc edificat, i per a obtenir uns valors significatius de cara l'any 2020 s'haurien de rehabilitar entre el 20 i 40% del parc existent al 2008 (2).

### 2.2 SISTEMES D'AÏLLAMENT TÈRMIC

Realitzar una rehabilitació energètica amb els sistemes SATE ens aporta més pros que contres si fem una comparativa amb solucions d'aïllaments disposats en cambra d'aire o interiors (*Taula 2.2*).

Amb la instal·lació del SATE s'aconsegueix minimitzar les zones més freqüents de ponts tèrmics que es donen en altres sistemes d'aïllament com són els fronts de forjat i els pilars de façana.

Al disposar el material aïllant per l'exterior de la façana aconseguim protegir tot el sistema estructural i de tancament davant dels agents externs, i aquests no sofreixen les tensions provocades per els canvis higrotèrmics. També s'aconsegueix augmentar la inèrcia tèrmica de l'envolupant ja que l'aïllant no deixa passar l'energia calorífica cap a l'exterior, amb lo que el parament va acumulant calor que va cedint cap a l'interior de l'habitatge quan aquest té una temperatura més baixa.

Amb aquesta solució d'aïllament es redueixen les condensacions intersticials ja que les capes que conformen l'envolupant tenen una temperatura similar a la de l'ambient interior amb lo que és difícil que s'arribi a la pressió de saturació en cap de les capes que la conformen.



El fet de no tenir interacció directa amb l'usuari és un tema a tenir en compte, ja que les molèsties causades són mínimes reduint-se a possibles sorolls en quant a la instal·lació del sistema.

Un altre punt a favor d'aquests sistemes és que l'usuari de l'habitatge no perd superfície útil i s'aporta una renovació estètica de la façana.

	<b>SATE</b>	<b>AÏLL. C. AIRE</b>	<b>AÏLL. INTERIOR</b>
Inèrcia tèrmica	ELEVADA	MITJA-BAIXA	BAIXA
Eliminació de ponts tèrmics	SI	NO	NO
Reducció de la sup. útil	NO	NO	SI
Molèsties en el seu muntatge	NO	NO	SI
Evita possibles condensacions	SI	*	*
Adequació d'instal·lacions	SI	NO	SI
Instal·lació d'andamis	SI	SI	NO

*\*Per evitar que es produeixin condensacions intersticials s'ha de realitzar un càlcul higrotèrmic per comprovar que la solució adoptada no sofreixi condensacions en cap de les capes que la conformen.*

**Taula 2.2.** Comparativa sistemes d'aïllament  
*Font: Pròpia*

### 2.3 EXEMPLES DE REHABILITACIÓ AMB SISTEMES SATE

Durant l'època dels anys 90 l'empresa pública ADIGSA, va portar a terme diverses intervencions per tota Catalunya sobre edificis antics que necessitaven ser rehabilitats per diferents causes, i la solució escollida per aquestes rehabilitacions van ser els sistemes SATE. D'aquesta manera aconseguien donar a la façana un aspecte nou a l'hora que es reduïa el consum energètic dels edificis i com a conseqüència les emissions de CO<sub>2</sub>.

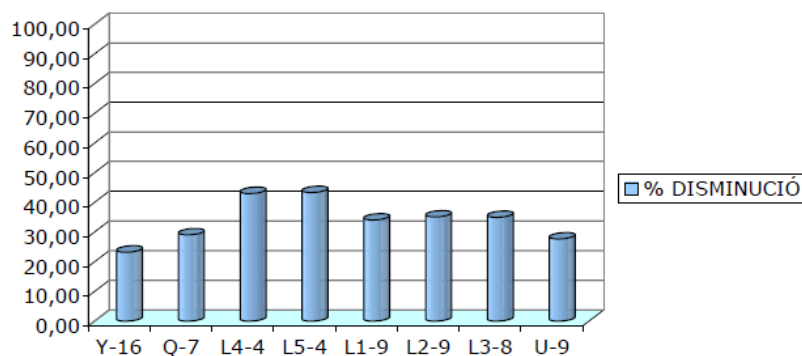
A la ciutat de Barcelona es van realitzar nombroses rehabilitacions en diferents barris, dels quals us en vull presentar dos dels que vaig escollir per a realitzar un estudi de l'evolució que han tinguts aquestes façanes amb el pas del temps, i presentar-vos algunes de les dades facilitades per un estudi anterior realitzat l'any 2003 per ADIGSA i ELISAVA.

La Guineueta és un barri situat en el districte de Nou Barris, on es van dur a terme rehabilitacions d'edificis construïts l'any 1964 en els anys compresos entre 1989 i 2001, rehabilitant més de 128 blocs d'edificis. Aquests edificis van ser rehabilitats amb SATE on el material aïllant utilitzat va ser el poliestirè expandit i l'acabat es va realitzar amb pintura acrílica.

A continuació, per mostrar el resultat de la reducció de la demanda energètica que es va aconseguir amb la rehabilitació de les diferents tipologies edificatòries en el barri, es mostren les següents dades i gràfic cedits per l'estudi realitzat per ADIGSA i ELISAVA, on es contemplen tant la rehabilitació de façanes com de cobertes. (3)

TIPOLOGIA EDIFICATÒRIA	DEMANDA ENERGÈTICA D'UN EDIFICI (MJ)		% DISMINUCIÓ
	ABANS D'AÏLLAR	DESPRÉS D'AÏLLAR	
Y-16	406.391,87	311.923,58	23,25
Q-7	191.798,32	136.002,45	29,09
L4-4	63.390,23	36.123,57	43,01
L5-4	69.980,79	39.640,54	43,36
L1-9	149.808,78	98.725,88	34,10
L2-9	145.353,88	94.274,33	35,14
L3-8	138.001,81	89.717,11	34,99
U-9	274.228,41	198.223,60	27,72
TOTAL	1.438.954,09	1.004.631,06	33,83

**Taula 2.3a.** Comparativa de demanda energètica. Font: ADIGSA



**Gràfic 2.3a.** Disminució de la demanda energètica. Font: ADIGSA

Com es pot observar, les dades ens mostren una millora en la reducció de la demanda energètica en cada tipologia edificatòria, tot i això entre elles hi han diferències significatives que podrien ser degudes tant a la orientació com a la geometria de l'edifici. El que posa en manifest aquests resultats, és que els sistema SATE juntament amb l'aïllament de les cobertes ens permeten reduir d'una manera considerable la demanda energètica dels edificis.

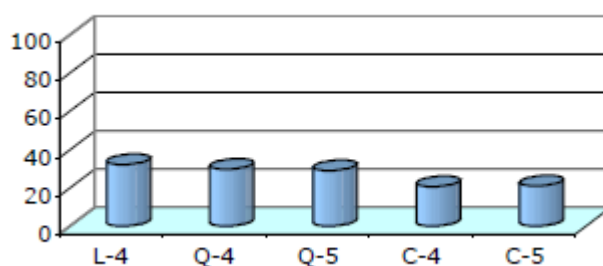
Les tipologies edificatòries estan referenciades per la forma que té la planta de l'edifici. Les Y i les U defineixen la forma de la planta, i la L i la Q especifiquen respectivament els edificis amb planta lineal i quadrada.

El Verdum és un altre barri situat en el districte de Nou barris, que queda situat justament al costat de la Guineueta, on també es van portar a terme rehabilitacions energètiques entre els mateixos anys que en la Guineueta sobre edificis que daten construïts de l'any 1954. Les intervencions es van realitzar en 135 edificis. La solució SATE també es va realitzar amb poliestirè expandit i acabat de pintura acrílica.

La reducció de la demanda energètica va ser la següent:

TIPOLOGIA EDIFICATÒRIA	DEMANDA ENERGÈTICA D'UN EDIFICI (MJ)		% DISMINUCIÓ
	ABANS D'AÏLLAR	DESPRÉS D'AÏLLAR	
L-4	66.305,7	44.950,1	32,2
Q-4	120.733,8	84.796,6	29,8
Q-5	127.607,6	90.439,5	29,1
C-4	260.285,2	206.464,1	20,7
C-5	241.924,8	190.803,8	21,1
	816.857,2	617.454,1	26,6

**Taula 2.3b.** Comparativa de la demanda energètica. Font: ADIGSA



**Gràfic 2.3b.** Disminució de la demanda energètica. Font: ADIGSA

Les tipologies constructives en aquest cas també segueixen el mateix codificat que en l'anterior. També es pot observar una disminució significativa de la demanda energètica, i si ens fixem en les dues taules, Guineueta i Verдум, es pot observar que on hi ha una reducció més important de la demanda energètica és en els edificis amb planta lineal.

En l'últim bloc del treball, s'ha avaluat quin és l'estat que presenten els edificis rehabilitats amb SATE esmenats en aquest apartat mitjançant un reportatge fotogràfic de les façanes.

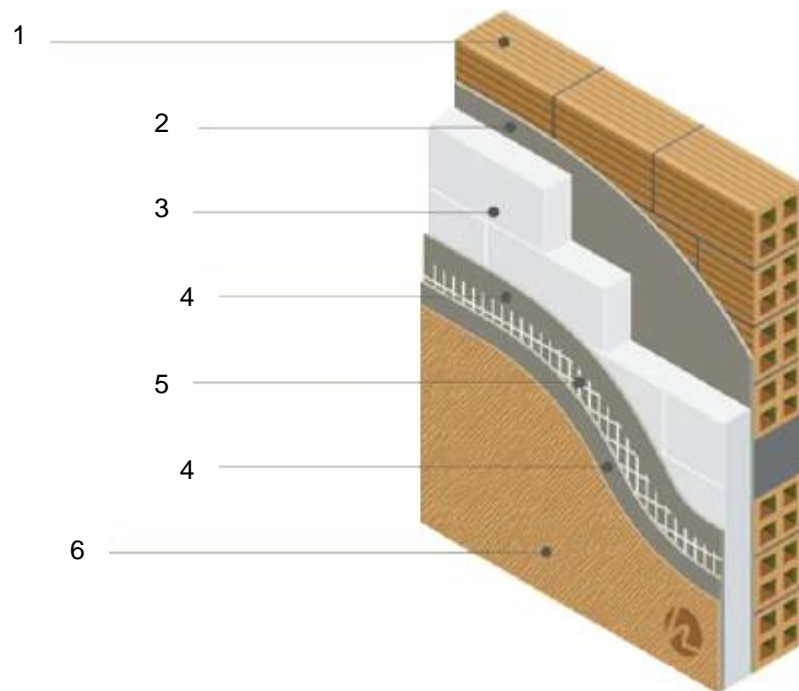
### 3. SISTEMES D'AÏLLAMENT TÈRMIC PER L'EXTERIOR (SATE)

#### 3.1 DEFINICIÓ

Entenem per SATE a un conjunt d'elements que treballen com una sola unitat, els quals s'instal·len per l'exterior de la façana amb la finalitat d'aïllar tèrmicament l'habitatge. Aquests sistemes han d'oferir una resistència tèrmica igual o superior a  $1\text{m}^2\text{K/W}$  i l'absorció màxima d'aigua a de ser inferior a  $0,5\text{ kg/m}^2$ .

La seva composició bàsica està constituïda per les següents capes:

1. Suport
2. Adhesiu
3. Aïllant
4. Morter Base
5. Malla de reforç
6. Revestiment



**Fig 3.1** Components sistema SATE. Font: Empresa Hormuk

#### 3.2 COMPONENTS

##### 3.2.1 Morter adhesiu

La capa d'adhesiu té com a funcions la unió entre el material aïllant i el parament on s'ha de col·locar el SATE, així com minimitzar els moviments que sofreixen els panells amb els canvis higrotèrmics.

Els adhesius poden estar compostos per lligants en base cimentosa, polimèrica o resines reactives, que juntament amb altres additius confereixen al morter unes propietats específiques que els fa diferents entre ells. Tot i això han de complir unes exigències mínimes:

- Impermeabilitat a l'aigua
- Alta permeabilitat al vapor d'aigua
- Deformabilitat
- Ignífug
- Adherència

L'adherència del morter adhesiu amb el suport, resistència a tracció, ha de ser com a mínim de  $0,25 \text{ N/mm}^2$  i amb el panell aïllant igual o superior al valor del punt de trencament a tracció de l'aïllament que anem a aplicar.

L'espessor recomanable per aquesta capa varia entre 1 i 2 cm. (4)

### **3.2.2 Aïllant**

L'aïllant tèrmic té la funció d'aportar a l'edifici confort tèrmic, i segons el material utilitzat com aïllant també podem arribar a aconseguir un bon aïllament acústic.

La finalitat que es persegueix amb l'aïllament exterior és la d'eliminar ponts tèrmics en cantells de forjats, pilars i bigues, evitar condensacions en els murs de façana i reduir el consum energètic que a la vegada redueix les emissions de  $\text{CO}_2$ .

Els aïllants que es poden utilitzar en els sistemes SATE es poden classificar en orgànics, inorgànics i naturals. Entre els orgànics trobem el poliestirè expandit (EPS), el poliestirè extruït (XPS) i l'escuma fenòlica (PF). Entre els inorgànics la llana mineral (MW) i el vidre cel·lular (CG), i com aïllants naturals el suro (ICB) i la fibra de fusta (WF).

Les característiques més importants que hem de tindre en compte a l'hora de l'elecció del material aïllant son les següents:

- *Conductivitat tèrmica:*

Capacitat del material de transferir la calor. Es mesura en  $\text{W/mk}$ . Quant més baixa sigui la conductivitat tèrmica major capacitat d'aïllament té el material.

- *Resistivitat a la difusió del vapor d'aigua:*

Capacitat del material a resistir el pas del vapor d'aigua. Un coeficient de resistivitat a la difusió del vapor baix, en el cas dels SATE, disminuirà el risc de condensacions intersticials.

- *Absorció d'aigua:*

L'absorció d'aigua en un material és la predisposició d'aquest en capturar i retenir aigua líquida. Els materials aïllants han de tindre un percentatge d'absorció baixa per que no es pugui iniciar el seu procés de degradació i per tant pèrdua de les seves propietats.

- *Reacció al foc:*

La UNE-EN 13501-1:2007+A1:2010 realitza una classificació dels materials de construcció davant la reacció que manifesten enfront al foc, especificades en la taula següent (5)

Classe	Interpretació
A1	Incombustible
A2	Incombustible
B	Resisteix un atac prolongat de flames petites i d'un objecte individual cremant-se. Ambdós amb limitació de la propagació de la flama.
C	Resisteix un atac breu de flames petites i d'un objecte individual cremant-se. Ambdós amb limitació de la propagació de la flama
D	Resisteix un atac breu de flames petites amb limitació de la propagació de la flama i d'un objecte individual cremant-se.
E	Resisteix un atac breu amb flames petites amb limitació de la propagació de la flama
F	Sense classificar

**Taula 3.2.2a.** Classificació reacció al foc.

Classe	Interpretació
s1	Producció de fum baixa
s2	Producció de fum mitja
s3	Producció de fum alta

**Taula 3.2.2b.** Producció de fum. Font: ingenierosindustriales.com

Classe	Interpretació
d0	No es produeixen partícules/gotes
d1	Caiguda de partícules/gotes no inflamades
d2	Caiguda de partícules/gotes inflamades

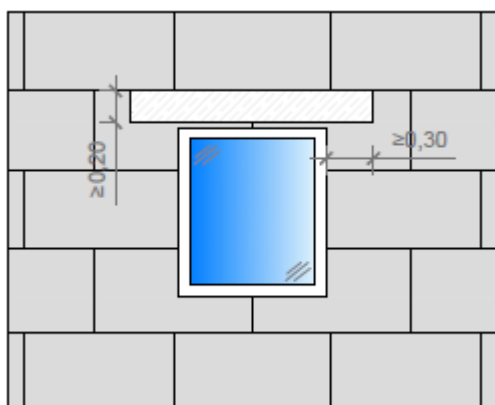
**Taula 3.2.2c.** Caiguda de partícules/gotes. Font: ingenierosindustriales.com

La classificació davant de la reacció al foc que s'aplica als SATE s'estableix amb la normativa esmenada a les taules anteriors, i es pot especificar tant a nivell de l'aïllant individualment com del sistema en conjunt. Quan es dona una classificació del sistema en conjunt, les variacions que es pugin donar vénen donades per els materials utilitzats com a capa base i la de revestiment.

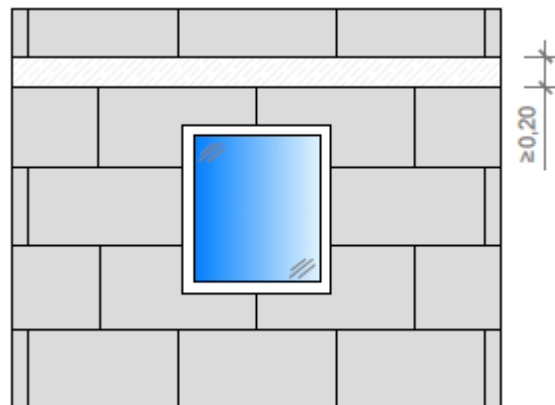
SATE amb EPS	B s1, d0 o B s2, d0
SATE amb XPS	B s2, d0 o C s2, d0
SATE amb MW	A2 s1, d0 o A2 s2, d0

**Taula 3.2.2d.** Classificació enfront el foc. Font: Sistema de aislamiento térmico exterior. Autor: Rodríguez-Mora, Oscar

Per a reduir la propagació del foc en sistemes on els panells aïllants no són ignífugs, es poden disposar panells de MW en format lamel·la per a que aquests actuïn com a tallafoc entre plantes.



**Fig. 3.2.2a.** Disposició en forma de dintell de la lamel·la de MW.  
Font: Pròpia



**Fig. 3.2.2b.** Disposició de lamel·la de MW perimetral entre plantes.  
Font: Pròpia

Els materials aïllants utilitzats en SATE hauran de complir les normatives exigides tant en les seves corresponents UNE com en la guia ETAG 004.

A continuació s'especifiquen les normes UNE-EN dels materials aïllants:

<b>MW</b>	13162 / aïllament exterior 13500
<b>EPS</b>	13163 / aïllament exterior 13499
<b>XPS</b>	13164
<b>PF</b>	13166
<b>CG</b>	13167
<b>ICB</b>	13170
<b>WF</b>	13171

### **3.2.3 Capa base i malla de reforç**

La funció de la capa base és la de protegir els panells aïllants i ser la base del revestiment final. Per a la realització de la capa base s'utilitzen les mateixes tipologies de morters que en la capa adhesiva i se'ls exigeix les mateixes prestacions.

La malla de reforç s'instal·la sobre la primera estesa de la capa base, aquesta ha de quedar embeguda entre la primera capa de morter i una segona capa que la cobreix. La seva funció és la d'augmentar la resistència a tracció del morter amb el que es pretén disminuir les possibles aparicions de fissures i augmentar la resistència a l'impacte.

La malla de fibra de vidre ha de ser resistent als àlcalis i al foc.

El gramatge mínim recomanat és de 150 g/m<sup>2</sup>. Per aquelles zones on el risc d'impacte sigui més elevat, com els sòcols, és recomana utilitzar les anomenades malles antivandàliques, que són també de fibra de vidre però amb gramatges superiors als 300 g/m<sup>2</sup>.

### **3.2.4 Revestiment**

El revestiment final té la finalitat de protegir tot el sistema SATE davant d'agressions externes i de conferir a l'edifici l'acabat estètic desitjat.

Les característiques més importants a tindre en compte en un revestiment són: la seva impermeabilitat, la permeabilitat al vapor d'aigua i la seva resistència a la degradació.

Com a capa d'acabat es poden aplicar morters d'arrebossats acrílics, siloxànics o minerals. Hi ha una gran varietat de textures per l'acabat entre les quals escollir com: acabats fratasats, ratllats, amb gota, àrid projectat, etc.

També es poden realitzar revestiments amb plaquetes ceràmiques i de pedra.

### 3.3 MUNTATGE

Els sistemes SATE són aptes per la seva aplicació en diferents tipus de suports, com poden ser els murs de maçoneria o fàbriques de peces ceràmiques, blocs de formigó, blocs alleugerits i suports de fusta. Aquests es poden aplicar sobre els revestiments d'acabat existent sempre i quan aquest no presenti degradacions.

Abans de començar amb la instal·lació del SATE, ens hem d'assegurar que el suport on s'ha d'executar la rehabilitació tingui la capacitat portant suficient per suportar les càrregues que el sistema d'aïllament aporta i de que aquest estigui en bon estat. Això implica un estudi previ de lesions de la façana com poden ser humitats, fissures, eflorescències i escrostonaments d'entre altres, amb la finalitat de solucionar prèviament aquests problemes per al bon funcionament posterior del SATE.

La planimetria de la façana a rehabilitar és un punt molt important a tenir en compte i no ha d'excedir dels 20 mm per m.

Uns altres punts que poden resultar conflictius a l'hora d'aplicar el SATE i s'han de tenir en compte són les possibles instal·lacions que queden vistes per façana, les finestres i portes, els balcons, els sòcols i les juntes estructurals.

En referència a les instal·lacions vistes que ens podem trobar en els edificis que volem rehabilitar es pot procedir de dues maneres. Una seria adequar-les de nou a l'exterior un cop s'ha realitzat el SATE, havent tingut en compte durant la seva execució on es situaran els punts d'ancoratge. En aquests punts s'haurà de disposar, a la vegada que s'estan instal·lant els panells d'aïllament, peces especials que suportin el pes i les possibles vibracions d'aquestes instal·lacions.

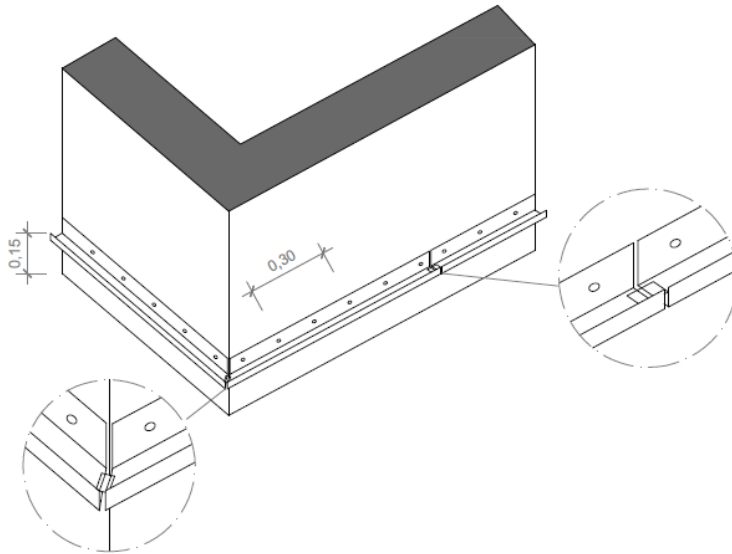
L'altre opció seria realitzar uns conductes per on es condueixen les instal·lacions. Aquests queden incorporats dintre del SATE amb els seus corresponents registres per si s'ha de fer alguna intervenció.

#### **3.3.1 Instal·lació del perfil d'arrencada**

Per començar amb l'aplicació del SATE s'instal·len els perfils d'arrencada a una alçada del sòl superior a 15 cm i es van fixant amb tacs i cargols al suport cada 30 cm aproximadament (*Figura 3.3.1*). En arribar a les cantonades dels perfils, les fixacions no quedaran allunyades d'aquest més de 5 cm. Els diferents trams de perfil han de deixar una separació d'uns 2-3 mm per les possibles dilatacions i s'ha d'evitar que la trobada dels panells aïllants coincideixin amb aquestes separacions.

Per a les cantonades dels edificis es disposen de perfils amb acabats angulars.

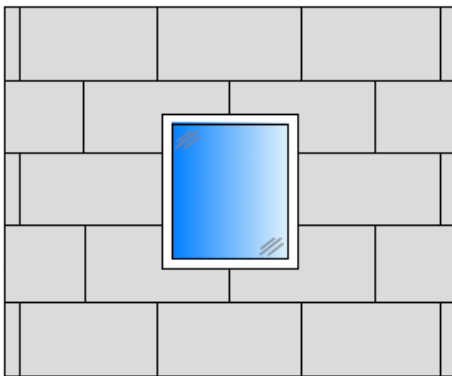




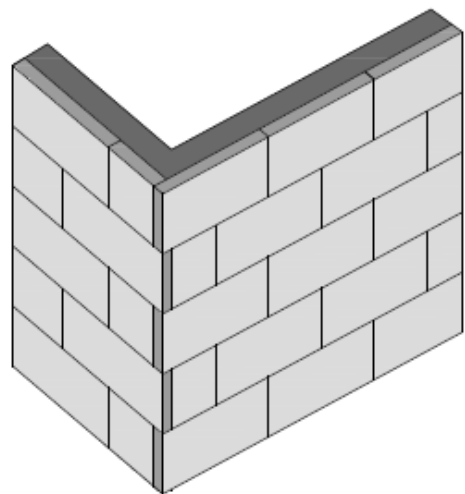
**Fig. 3.3.1** Detall perfil d'arrencada.  
Font: Pròpia

### **3.3.2 Col·locació dels panells aïllants**

Finalitzada la col·locació dels perfils d'arrencada es procedeix a la col·locació dels panells aïllants a trencajunts. S'ha de prestar especial atenció en la col·locació dels panells en les obertures de façana (*Figura 3.3.2a*) i en les cantonades dels edificis (*Figura 3.3.2b*).



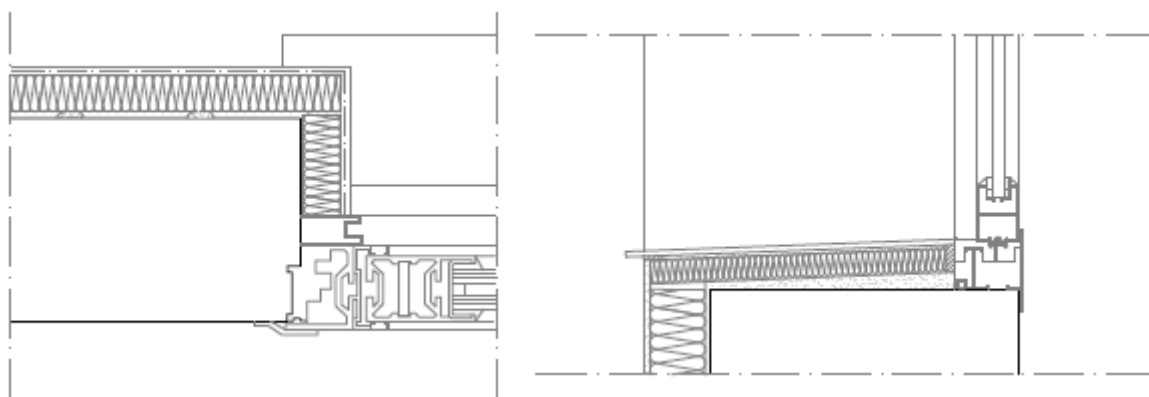
**Fig. 3.3.2a.**  
Col·locació panells en obertures  
de finestra. Font: Pròpia



**Fig. 3.3.2b.**  
Col·locació panells en  
cantonades. Font: Pròpia

La col·locació dels panells sota els escopidors i en els brancals es realitzaran com mostren les figures 3.3.2c. Ens podem trobar casos on la mateixa fusteria de la finestra no ens dóna marge a la instal·lació de panells als brancals, i per tant aquí tindríem un punt de pont tèrmic.

La solució idònia per resoldre l'escopidor és la d'instal·lar un de nou, permetent-nos així la possibilitat d'aïllar la zona de l'ampit. En els casos on es decideixi deixar el trencaigües existent s'haurà de procedir a realitzar una ampliació d'aquests fins que el panell quedi cobert.



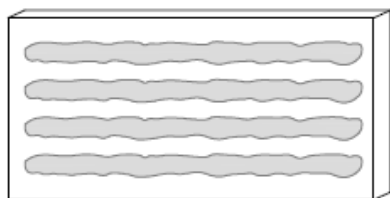
**Fig. 3.3.2c.** Esquerra: aïllament de brancals. Dreta: Aïllament sota trencaaigües. Font: Pròpia

L'estanqueïtat en aquests punts és molt important per a que no es produeixin filtracions d'aigua i puguin aparèixer humitats. Per això s'ha de segellar correctament totes les vores d'obertures.

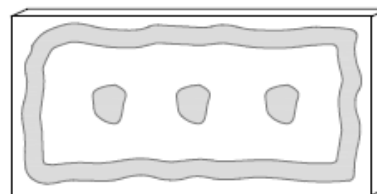
L'aplicació del morter cola per adherir els panells es pot portar a terme de diferents formes, però sempre respectant que la quantitat de morter aplicat sobre la placa recobreixi com a mínim el 40% de la seva superfície.

L'aplicació més recomanada és aquella en la que s'aplica una capa en la totalitat del panell (*Figura 3.3.2d*), ja que queda tota la superfície d'aquest en contacte amb el suport. Això comporta, que quan el panell aïllant sofreixi esforços de tracció-compressió a causa del gran salt tèrmic per la diferència de temperatures entre la capa exterior e interior de l'aïllant, sigui més difícil que perdi adherència amb el suport i amb el pas del temps els panells pugin començar a desprendre's.

Si ens centrem en el tema de rehabilitació potser l'opció anterior no és la millor a tindre en compte, ja que els paraments on s'aplica el SATE tendeixen a ser més irregulars que en obra nova i ens decantaríem en aplicar el morter en la placa formant un cordó perimetral separat 5 cm de les vores, per a que la pasta no es surti d'entre les juntes d'aquests quan es disposen sobre el parament. També s'han d'aplicar punts de contacte repartits al llarg de la placa (*Figura 3.3.2e*), d'aquesta manera tenim més marge a l'hora d'afegir la quantitat de morter necessari per aconseguir una bona planimetria del conjunt.



**Fig. 3.3.2d.** Aplicació de morter sobre tota la superfície del panell. Font: Pròpia



**Fig. 3.3.2e.** Aplicació de morter mitjançant cordó perimetral. Font: Pròpia

És possible que en algun punt entre les plaques d'aïllament quedin petites juntes degut a irregularitats del panell o del parament, les quals solucionarem col·locant tires del mateix material utilitzat per l'aïllament. No es recomana utilitzar cap tipus de morter per reomplir aquestes juntes ja que en aquests punts es produirien ponts tèrmics.

### 3.3.3 Fixació dels panells aïllants amb espigues

La fixació dels panells amb adhesiu no sempre és suficient, i és altament recomanable quan no obligatori, fixar-los mecànicament al parament mitjançant ancoratges. Segons *La Guia SATE del IDAE* quan (4):

- La capacitat de sustentació sigui insuficient  $< 80 \text{ kPa}$
- El pes per unitat de superfície del sistema superi els  $30 \text{ kg/m}^2$
- L'alçada de l'edifici sigui superior a 18m
- Siguí requerit per la càrrega del vent
- Els panells aïllants siguin de MW, WF, ICB o poliuretà conformat

Quan s'instal·len les espigues, aquestes han de quedar completament enrasades amb el panell per tal de que l'acabat final quedi totalment llis i no s'observin irregularitats en façana. Si el gruix del panell ho permet, existeix l'opció d'encastar l'espiga dins del panell i es recobreix la part que s'ha endinsat aquesta amb taps del mateix material que l'aïllant.



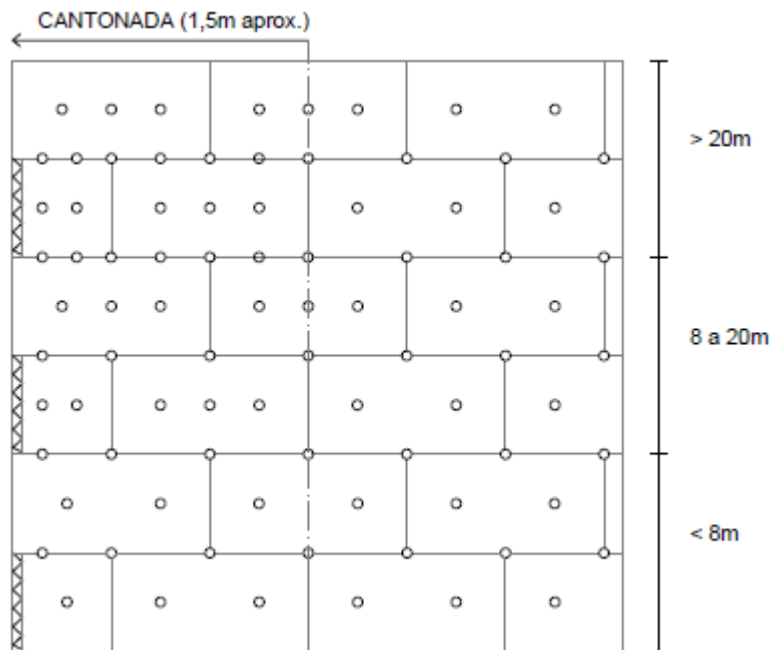
**Fig. 3.3.3a.** Disposició d'encastament de espigues sobre el panell aïllant.  
Font: Pròpia

El nombre d'espigues necessàries es calcularà tenint en compte l'acció del vent sobre l'edifici tal i com especifica el DB SE AE apartat 3.3 del CTE. En cas de que no s'hagi procedit a realitzar aquests càlculs podem tenir en compte la taula següent, que especifica el nombre d'espigues per  $\text{m}^2$  que hem de disposar a les cantonades de l'edifici on la incidència del vent és més agressiva.

Nº d'espigues per m²									
Valor de la velocitat del vent Km/h	Entorn de l'edifici								
	TIPUS I			TIPUS II			TIPUS III		
	Lliure de construccions			Protegit			Nº elevat de construccions		
	Alçada de l'edifici (m)								
	<10	10 - 25	25 - 50	<10	10 - 25	25 - 50	<10	10 - 25	25 - 50
< 85	6	6	6	6	6	6	6	6	6
85 - 115	8	10	12	8	8	10	6	8	6
115 - 135	10	12	12	10	12	12	8	10	12

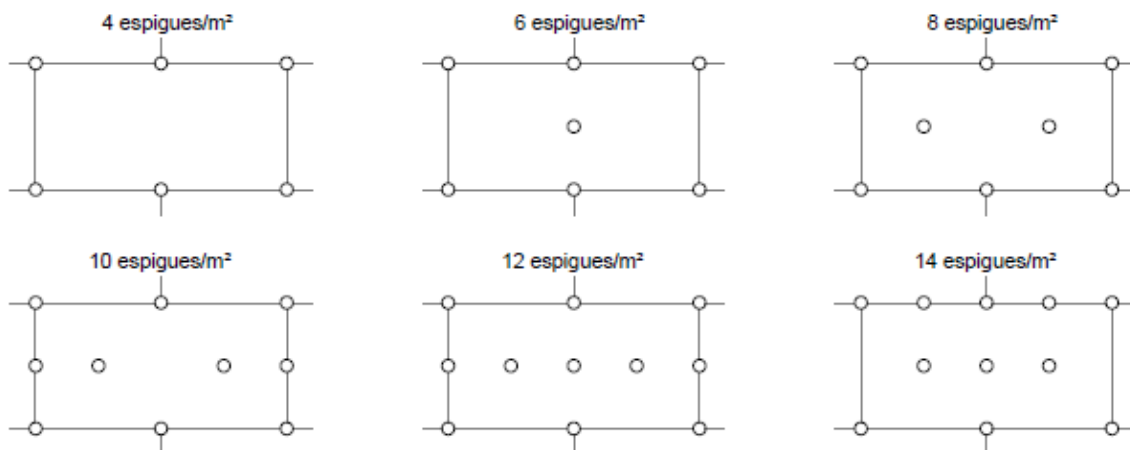
**Taula 3.3.3a.** Nombre d'espigues per  $\text{m}^2$  en cantonades d'edificis. Font: Guia SATE IDAE

Distribució d'espigues en cantonades d'edifici segons la seva alçada tal com especifica la Guia SATE del IDAE (4).



**Fig. 3.3.3b.** Distribució d'espigues en cantonada. Font: Pròpia

La distribució de les espigues com a regla general, si el tècnic no especifica una distribució diferent, seguirà els patrons següents:



La elecció dels ancoratges a utilitzar dependrà del tipus de parament on s'hagin d'utilitzar i de la capacitat de càrrega necessària.

El diàmetre mínim del cap de l'espiga serà de 50 mm, la longitud i el diàmetre de l'espàrrec seran considerats en funció del tipus de suport i de l'espessor del material aïllant. En cas d'aplicació sobre revestiment antic es tindrà en compte el gruix d'aquest.

La ETAG 014 regula els ancoratges en els sistemes SATE, i classifica els tipus de paraments segons el material que el conforma per relacionar-los amb el tipus d'ancoratge (categories) que es poden utilitzar.

Categories	Material parament
<b>A</b>	Formigó normal
	Panell prefabricat de formigó
<b>B</b>	Bloc massís d'argila
	Bloc massís silico-calcari
	Bloc de formigó lleuger
<b>C</b>	Bloc d'argila perforat verticalment
	Bloc perforat silico-calcari
	Bloc foradat de formigó lleuger
<b>D</b>	Formigó amb agregats lleugers
<b>E</b>	Formigó cel·lular en autoclau

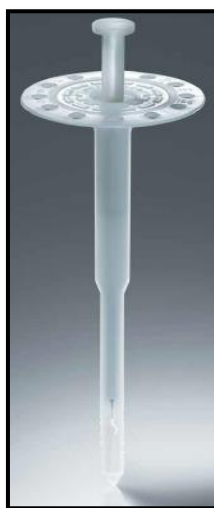
**Taula 3.3.3b.** Classificació per categories material del parament.

En la taula anterior no es menciona cap categoria per a paraments de fusta ni acabats metàl·lics. En aquest cas s'utilitzen ancoratges cargolats específics (*Figura 3.3.3c*).

Els ancoratges en els grups A, B i C es poden realitzar tant per colpeig (*Figura 3.3.3d*) com cargolats, i en els grups D i E només es poden realitzar amb ancoratges cargolats (*Figura 3.3.3e*).



**Fig. 3.3.3c.** Font: Catàleg EJOT



**Fig. 3.3.3d.** Font: Catàleg EJOT



**Fig. 3.3.3e.** Font: Catàleg EJOT

No es procedirà a la col·locació dels ancoratges abans d'haver passat 24h des de la col·locació dels panells amb l'adhesiu.

### 3.3.4 Fixació de panells aïllants amb perfils

Quan la irregularitat del parament on s'ha d'aplicar el SATE supera els 30mm per m, els panells hauran d'aplicar-se mitjançant perfils (4). L'inconvenient que presenta és que els únics panells recomanats per aquesta solució són els de EPS.

Per a la col·locació dels perfils es procedeix de la mateixa manera que s'ha especificat en l'apartat 3.3.1 Muntatge del perfil d'arrencada.

Els panells d'EPS que s'utilitzen amb perfils han de disposar d'una ranura en tot el seu perímetre per tal de fixar el panell al perfil (Figura 3.3.4a). Entre panells es col·locaran llistons d'unions verticals que ajuden al conjunt de panells a presentar una bona planimetria (Figura 3.3.4b).

El panell s'adherirà al suport mitjançant morter adhesiu. Aquest s'aplicarà mitjançant punts de contacte, amb un recobriment mínim del 20% de la seva superfície. En funció de l'alçada de l'edifici també s'haurà de disposar d'espigues.



**Fig. 3.3.4a.** Ranura en panell EPS.  
Font: Guia SATE IDAE

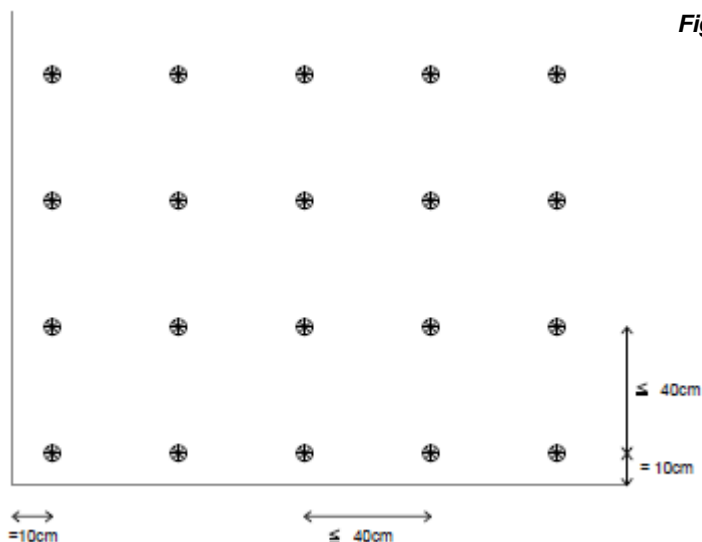


**Fig. 3.3.4b.** Llistons d'unió vertical.  
Font: Guia SATE IDAE

### 3.3.5 Fixació mixta dels panells aïllants

La fixació mixta és un altre sistema que només és aplicable amb panells aïllants d'EPS.

El seu muntatge consisteix en la instal·lació d'ancoratges sobre el parament a rehabilitar (Figura 3.3.5). Un cop instal·lats se'ls va recobrir el cap de morter i s'apliquen els panells amb un recobriment del 40% de la seva superfície amb morter.

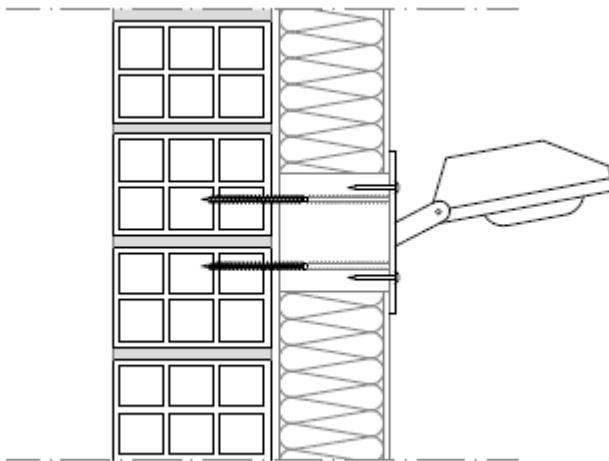


**Fig. 3.3.5.** Disposició d'ancoratges sobre parament. Font: Guia IDAE

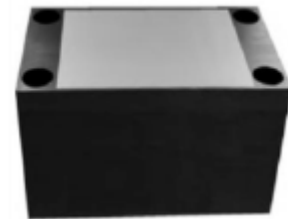
Els avantatges que presenta aquest tipus de col·locació són: que el panell aïllant no compta només amb l'adhesiu com a contacte amb el mur, si no que els ancoratges reforcen aquesta unió i en cas de que l'adherència entre el parament i el panell no fossin òptimes, els ancoratges no deixarien que aquests poguessin desprendre's. Mirant-ho des d'un punt estètic es poden aconseguir millors acabats que en altres tipus de instal·lacions on els ancoratges es situen sobre els panells, i en el cas d'una instal·lació incorrecta es poden apreciar els caps dels ancoratges en l'acabat final

### 3.3.6 Elements especials

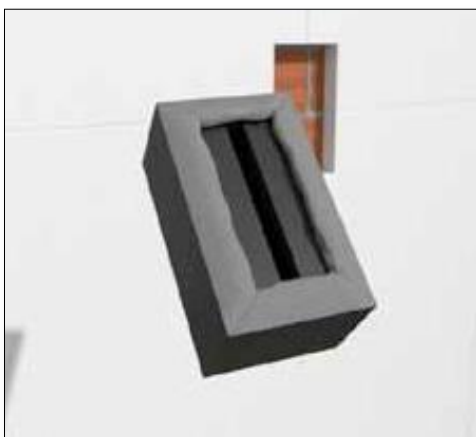
En aquells punts de façana on s'hagin de tornar a instal·lar tendals, baranes, aplics de llum o algun element que comporti una càrrega pesada, s'utilitzaran peces especials que aniran adherides directament al suport (*Figura 3.3.6a*) i que disposaran de les propietats higrorèmiques adequades per a que no apareguin ponts tèrmics ni condensacions. Aquestes peces solen estar fabricades amb poliuretans i poliestirens d'alta densitat.



**Fig. 3.3.6a.** Detall de col·locació punt de llum amb peça especials. Font: Pròpia



**Fig. 3.3.6b.** Peça per col·locació de càrregues pesades. Font: Catàleg Traditerm Grupo Puma



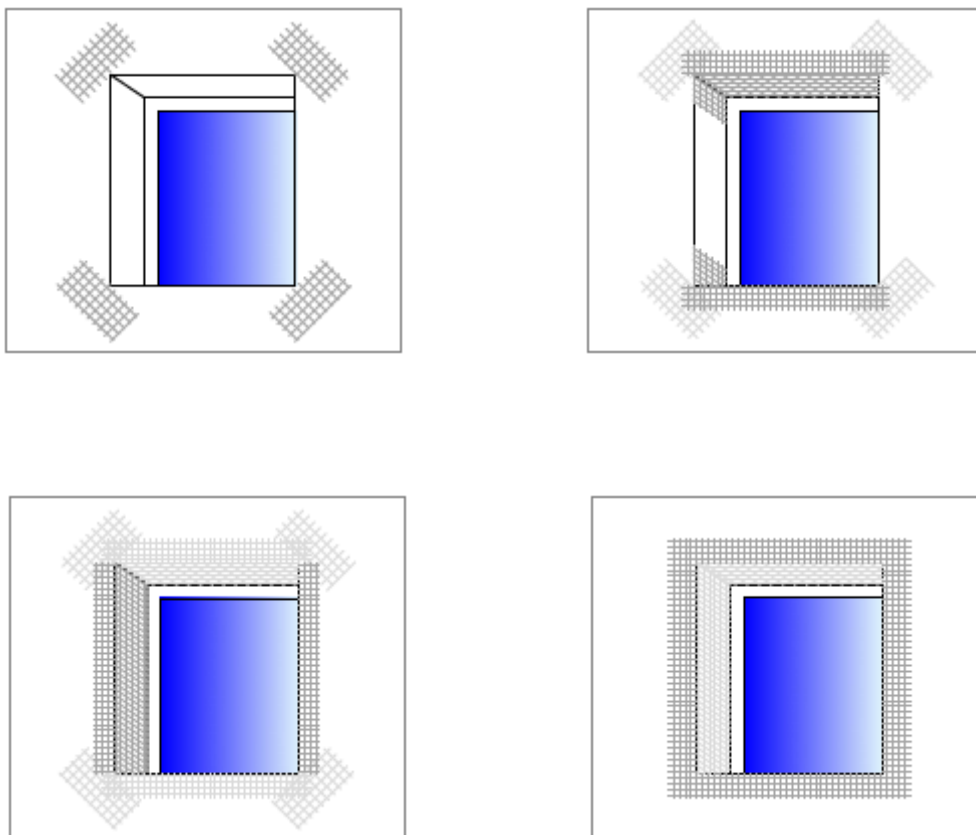
**Fig. 3.3.6c.** Instal·lació de la peça. Font: Catàleg Traditerm Grupo Puma

### **3.3.7 Aplicació de perfils de reforç i armadura**

Un cop finalitzada la col·locació dels panells amb els seus corresponents ancoratges s'ha de procedir a protegir totes les arestes del sistema amb els perfils adequats, ja sigui de PVC o d'alumini. Aquests hauran de disposar de malla de reforç i en punts singulars com voladissos, trencaigües de finestra i perfil d'arrencada, es recomana que aquests perfils disposin de goteró. La seva col·locació es farà mitjançant una fina capa de morter.

En les cantonades de finestres i portes s'ha d'aplicar malla de fibra de vidre amb tractament antiàlcali en sentit diagonal, formant aproximadament un angle de 45°, amb la finalitat de reforçar aquestes zones més propenses a l'aparició de fissures i esquerdes. La part interior de l'obertura també anirà reforçada amb malla (*Figures 3.3.7a*).

Procés d'aplicació de la malla de reforç en obertures

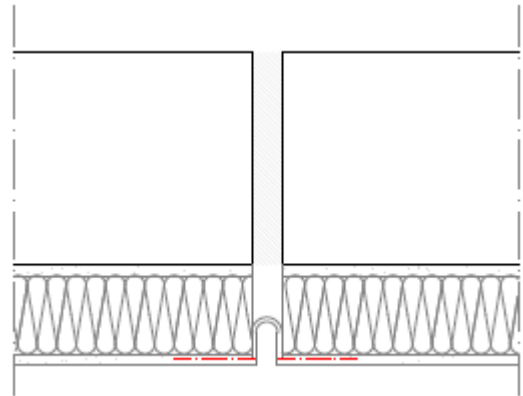
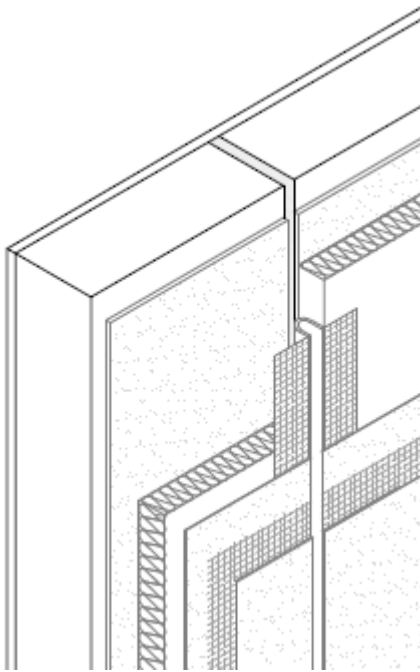


**Fig.3.3.7a.** Aplicació de malla de reforç en obertures. Font: Pròpia

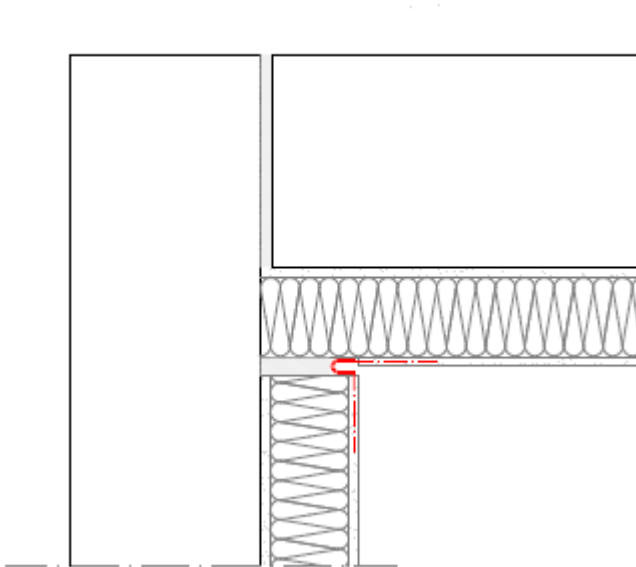


Les juntes de dilatació es resoldran mitjançant perfils específics de PVC o alumini que porten incorporat uns 10 cm de malla de reforç. En l'espai de la junta es recomana introduir tires del material aïllant per a que no s'omplin de morter quan s'estigui realitzant la seva aplicació. Un cop realitzat tot el revestiment es col·locaran tapajuntes. (Figures 3.3.7b)

Les trobades en cantonades interiors es resoldran com mostra la figura 3.3.7c.



**Fig. 3.3.7b.** Axonomètric i secció de junta de dilatació. Font: Pròpia.



**Fig. 3.3.7c.** Secció cantonada interior. Font: Pròpia

Finalitzat el reforç amb els perfils corresponents i la malla en aquells punts més conflictius de la façana, es procedeix a aplicar la malla de reforç sobre tot el parament. Aquesta ha de quedar embeguda en el morter base, entre la primera estesa de morter que s'aplica per adherir la malla al panell i la de recobriment.

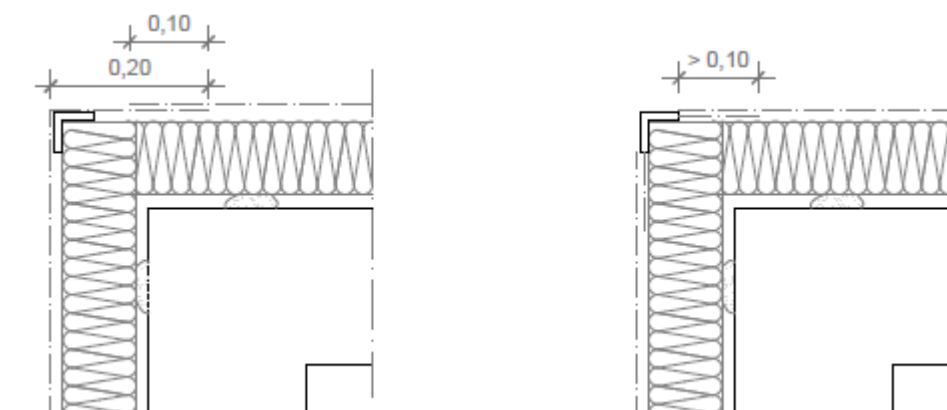
L'espessor d'aquesta capa varia segons el material aïllant utilitzat i les recomanacions d'aplicacions dels diferents fabricants, però com a paràmetres orientatius *La Guia SATE del IDAE* facilita la següent taula:

Espessor capa base	Material aïllant
3mm	EPS/PUR
5mm	EPS/PUR/ICB/MW
8mm	EPS/ICB/MW

**Taula 3.3.7.** Taula espessors capa base. Font: Guia IDAE

Es pot donar el cas de necessitar una resistència del parament superior a la que obtenim amb una sola capa base per que aquesta sigui una zona amb alt risc d'impacte. La solució que els fabricants recomanen és realitzar una segona capa base que s'aplica sobre la primera amb una altra malla de reforç.

Les malles de reforç han d'anar solapades entre elles un mínim de 10 cm en tot el parament i en les cantonades. En el cas de que el perfil no disposi de malla s'haurà de prolongar la malla un mínim de 20 cm en la cantonada. (Figures 3.3.7d)



**Fig. 3.3.7d.** Col·locació de malla de reforç en cantonades.  
Font: Pròpia

### 3.3.8 Aplicació del revestiment final

Els sistemes SATE tenen un ampli ventall d'acabats per a poder escollir el més adequat segons les prestacions que se li exigeixin a aquesta capa o l'estètica arquitectònica que es vulgui aconseguir.

La seva funció és la protegir el sistema enfront als agents externs. Se li exigeix com a requisits essencials que sigui impermeable a l'aigua i permeable al vapor d'aigua.

L'aplicació d'aquesta capa s'haurà de realitzar conforme a les instruccions del fabricant.

### 3.4 LESIONS EN ELS SISTEMES SATE

Les lesions que es plantegen en aquest apartat fan referència a diferents tipus de lesions que poden aparèixer per una mala execució de posta en obra dels sistemes SATE (6).

#### Fissures

- Preparació incorrecta del suport.
- Fixació incorrecta del panell aïllant al suport.
- Fixació de panells amb espessors < 40 mm mitjançant el mètode del cordó de morter.
- Realització del muntatge de panells sense seguir un patró a trencajunts.
- Col·locació del panell aïllant sobre una junta de dilatació.
- Coincidència de juntes entre panells amb vèrtex d'obertures.
- Contacte entre perfils de reforç.
- Existència de morter entre les juntes dels panells.
- Inexistència de solapament de la malla de reforç o que aquest sigui inferior a 10 cm.
- Aplicació de la malla directament sobre el panell aïllant.
- Inexistència de malla de reforç en els vèrtex de les obertures.

#### Defectes estètics

- Per senyal de ancoratges en façana degut a que aquest no s'ha introduït suficientment en el panell.
- Per senyal de les juntes entre els panells en la façana. Les causes poden ser degudes a que el suport no tenia una planimetria correcta, la falta de planimetria en la col·locació els panells aïllants, o en cas del que el panell aïllant sigui d'EPS que no s'hagi procedit a polir les juntes entre panells.

#### Despreniment generalitzat del sistema

- Suport dèbil
- Preparació incorrecta del suport
- Absència d'ancoratges

#### Despreniment o bombament de l'acabat decoratiu

- Absència d'imprimació
- Incompliment dels temps de curat de la capa base i de la imprimació

#### Filtracions per humitat

- Segellat incorrecte en les trobades del sistema amb la façana com: fusteries de finestra, coronament de façana, etc.

**Variacions en l'aspecte de l'acabat decoratiu**

- L' aplicació del producte en condicions climàtiques diferents, provoca una diferència en el procés d'assecat del producte i a la vegada una tonalitat diferent.
- Espessors diferents d'acabat decoratiu, així com diferents formes d'executar el fratasat del producte pot generar diferents textures i tonalitats.
- Per causes meteorològiques comença a ploure al poc temps de l'aplicació de l'acabat.

**3.5 IMPACTE AMBIENTAL I ANÀLISI DE CICLE DE VIDA**

Si volem contribuir a reduir l'impacte ambiental anant un pas més enllà de lo que ja aconseguim aïllant d'una manera adequada els nostres habitatges, és interessant conèixer quines són les emissions i consum energètic generat en tota la vida del material, des de la seva extracció fins al seu possible reciclatge o final de vida.

La normativa que regula les directrius i requisits per a realitzar l'anàlisi de cicle de vida són les ISO 14040 i 14044, i en concret per als productes de construcció, les declaracions d'impacte ambiental que les regula són la ISO 21930 i la UNE-EN 15804.

**Anàlisi de cicle de vida (ACV)**

L'anàlisi del cicle de vida d'un material és un procés que avalua mitjançant diferents paràmetres l'impacte del material sobre el medi ambient, des de la seva extracció fins al seu final de vida amb l'objectiu de poder realitzar comparatives entre diferents materials i d'aquesta manera poder escollir la millor opció.

Els paràmetres que es tenen en compte són els següents:

- **GWP.** Escalfament global  
Mesura l'efecte de sobreescalfament del planeta degut a l'increment de gasos d'efecte hivernacle en l'atmosfera. Es mesura en kg de CO<sub>2</sub> eq.
- **OPD.** Esgotament de la capa d'ozó  
Mesura l'efecte de disminució de la capa d'ozó que protegeix la Terra dels raigs ultraviolats degut a certs compostos que contenen clor i brom quan arriben a la estratosfera. Es mesura en kg de CFC11 eq.
- **AP.** Potencial d'acidificació del sòl i dels recursos de l'aigua  
Mesura l'efecte de variació de l'acidesa a conseqüència de la disposició d'àcids resultants de l'alliberació d'òxids de nitrogen i sulfurs en l'atmosfera, sòl i aigua. Es mesura en kg de SO<sub>2</sub> eq.
- **EP.** Potencial d'eutrofització  
Mesura els nivells elevats de nutrients tant en aigua com sòl. El seu augment és perjudicial en sistemes aquàtics degut al creixement d'algues que no deixa passar prou llum solar per produir oxigen. Es mesura en kg de PO<sub>4</sub> eq.

- **POCP.** Potencial de formació d'ozó troposfèric  
Mesura l'increment d'oxidants fotoquímics. Es produeixen quan la llum solar reacciona amb hidrocarburs, òxids de nitrogen i compostos volàtils orgànics produint una contaminació ambiental anomenada smog. Es mesura en kg de  $C_2H_4$  eq.
- **ADP.** Esgotament de recursos abiòtics  
Mesura la disminució de la disponibilitat de recursos naturals no renovables. Es mesura en kg de Sb eq.

Aquests paràmetres es calculen per a la unitat funcional que es defineix del material que s'avalua.

Cada un dels paràmetres especificats anteriorment s'apliquen en les diferents etapes que conformen el cicle de vida del material, per així obtenir els resultats del seu impacte ambiental en cada una de les seves etapes.

La primera etapa és la de producte i contempla:

- A1: El subministrament de matèries primeres
- A2: El transport a fàbrica de les matèries primeres
- A3: Tot el procés de fabricació del producte

La segona etapa té en compte el procés de construcció:

- A4: Transport del material des de la fàbrica fins al lloc de la seva instal·lació
- A5: Instal·lació del material en l'edifici

La tercera etapa contempla la fase de ús

- B1: Ús
- B2: Manteniment
- B3: Reparació
- B4: Substitució
- B5: Rehabilitació
- B6: Ús d'energia en servei
- B7: Ús d'aigua en servei

La quarta, el final de vida del material:

- C1: Deconstrucció, desmantellament, demolició
- C2: Transport del producte rebutjat fins al lloc de processat
- C3: Processat de residu per a la seva reutilització, recuperació i/o reciclatge
- C4: Eliminació de residus en abocadors

L'etapa final contempla la reutilització, recuperació i el reciclatge potencial del material (D)

L'única etapa que és obligatòria en la declaració d'impacte és la de producte, ja que les altres etapes variaran depenent de l'ús que facin els propietaris i de com es porti a terme la seva eliminació un cop arribi el seu final de vida, per lo que no són etapes fàcilment comparables entre diferents materials.

#### 4. ESTUDI DE L'OFERTA EN EL MERCAT DELS SATE

L'oferta de sistemes SATE en el mercat és molt àmplia. Existeixen empreses que es dediquen a la fabricació de tots els components que formen el SATE, amb excepció de perfils i ancoratges, i altres empreses que també ofereixen els SATE però que només es dediquen a la fabricació d'alguna part d'aquest i els altres components els hi subministren diferents fabricants.

En els inicis dels sistemes SATE, els materials que les empreses oferien per a la seva execució eren el poliestirè expandit i la llana mineral. Dos materials aïllants, que tot i el pas del temps i la sortida al mercat d'altres materials aïllants, segueixen sent els més aplicats en aquests sistemes. Les possibles raons de que en els seus inicis només s'apliquessin aquests dos materials vindria donada a que eren els únics materials que disposaven de DITE; les raons de que avui en dia segueixin sent els que més s'apliquen podrien vindre donades per l'experiència en el seu ús o per el desconeixement d'altres materials aïllants que poden ser aplicats als SATE amb bons resultats.

A continuació es detallen quins són els materials aïllants que tenim disponibles al mercat per poder-los aplicar en sistemes SATE, i que compleixen les prestacions mínimes exigides en aquests sistemes.

##### **Poliestirè expandit (EPS)**

Material plàstic cel·lular i rígid fabricat a partir del modelat de perles preexpandides de poliestirè expandit o un dels seus copolímers que presenta una estructura de cel·la tancada i plena d'aire.

La seva composició final resulta en un 98% d'aire oclús en una estructura polimèrica de cel·la tancada que proporciona al producte unes bones prestacions com aïllant tèrmic. (7)

##### **Poliestirè extruït (XPS)**

Escuma rígida, aïllant, de caràcter termoplàstic i estructura de cel·la tancada. L'estructura de cel·les totalment tancades li proporciona unes bones prestacions en quant a absorció d'aigua i com aïllant tèrmic. (8)

##### **Poliisocianurat (PIR)**

Material sintètic que s'obté de la barreja de dos components generats mitjançant processos químics a partir del petroli i el sucre. El Isocianat i el Polioli. La seva estructura de cel·la tancada és el que li confereix bones prestacions tèrmiques.

##### **Escuma Fenòlica (PF)**

Escuma cel·lular rígida amb estructura polimèrica que s'obté principalment de la policondensació del fenol, homòlegs i/o derivats amb aldehids o acetones (9).

##### **Llana mineral (MW)**

Material constituït per un entramat de filaments a partir de roca basàltica. La seva elevada porositat i que aquesta sigui oberta és el que li confereix unes bones prestacions tèrmiques i acústiques. (10)

**Llana de vidre (GW)**

Material constituït per un entramat de filaments a partir de sorres silícies i opcionalment vidre reciclat. Com la llana mineral, presenta una estructura porosa que li confereix unes bones prestacions tèrmiques i acústiques.

**Suro (ICB)**

Material 100% natural que es sotmet a un procés de tractament tèrmic el qual comporta la fusió amb un biopolímer present en la seva estructura cel·lular, i que actua com a aglutinant per a poder conformar els panells aïllants sense la necessitat d'afegir cap additiu químic. (11)

**Fibres de fusta (WF)**

Material conformat a partir de fibres de fusta aglomerades mitjançant aglutinants naturals propis de la fusta o resines de PUR. (12)

**Vidre cel·lular (CG)**

Material compost per feldspats i vidres blancs reciclats, dels quals s'obté una pols de vidre que barregen amb carboni per crear els panells aïllants.

**Morters termoïllants**

Morters que presenten unes bones prestacions com a aïllament tèrmic.

Un cop coneguda l'oferta del materials aïllants dels que disposem per a realitzar els SATE, és important estudiar les propietats d'aquests per tal d'escollir aquella solució que més s'adapti a les nostres necessitats i a les prestacions que vulguem obtenir.

Si el SATE disposa de DITE/ETE, ens donarà la seguretat de que el sistema ha passat per una sèrie d'assajos i que ens garanteixen tant la compatibilitat entre els materials que el formen com les prestacions de cada un d'ells.

L'estudi de l'oferta dels SATE s'ha realitzat sobre 25 empreses que ofereixen aquest tipus de sistema amb la finalitat d'analitzar els materials que els conformen. Per obtenir aquestes dades s'ha realitzat un recull de dades i posterior classificació per poder muntar unes taules on poder classificar les seves propietats i els certificats que els avaluen en cada cas.

La següent taula detalla la composició del SATE o en el seu defecte el material que la empresa ofereix per realitzar el SATE.

TAULA SISTEMES SATE

Fabricant	Model	Morter adhesiu	Composició Morter	Aïllant	Capa Base	Malla	Capa intermitja	Acabat	
001	001B			EPS		Fibra de vidre		Plaquetes d'argila Plaquetes de pedra Arrebossat	Plaquetes acríliques Plaquetes ceràmiques Pedra projectada
	001E			MW		Fibra de carboni			
	001A			EPS					
002				ICB					
003	003H	Mineral		EPS	Mineral	Fibra de vidre 160gr/m²	Mineral	Arrebossat amb base de silicona Arrebossat mineral Pintures amb base de silicona	
	003N			EPS G					
	003A	Polimèric		EPS	Polimèric	Fibra de vidre	Polimèric	Pintura amb base de resines acríliques	
004	004O	Mineral	Ciment blanc + lligants orgànics	EPS Reflector	Mineral	Fibra de vidre 145gr/m²	Mineral	Arrebossat o Pintura en base de silicats	
	004S	Mineral	Ciment gris + lligants orgànics	EPS	Mineral		Mineral	Arrebossat o Pintures en base de silicats o de resines de silicona	
	004M	Mineral		MW	Mineral		Mineral	Arrebossat o Pintura en base de resina sintètica	
	004P	Mineral		EPS	Mineral(hidròfob)		Mineral(hidròfob)	Arrebossat o Pintura en base de resina sintètica	
	004C	Mineral		EPS G	Mineral		Adhesiu flexible	Plaqueta ceràmica	
	004N	Mineral	Ciment blanc + calç	WF	Mineral		Mineral	Arrebossat o Pintures en base de silicats o de resines de silicona	
005				WF				Revestiment de calç	
006		Calç hidràulica		CG	Calç hidràulica	Fibra de vidre 145gr/m²	Calç hidràulica	Arrebossats de calç o en base de silicats Pintures en base de calç, silicona o silicats Microciment    Acer Corten    Pedra Porcelànic      Ceràmic           Estucs	
007	007T	Mineral		WF	Mineral	Fibra de vidre	Mineral	Arrebossat mineral o de resines de silicona	
008	008T	Mineral		EPS	Mineral	Fibra de vidre160 - 330gr/m²	Mineral	Arrebossat amb base de resina acrílica amb siloxans Arrebossat amb base de resina acrílica amb pedra natural	
				ESP-G					
				MW					
				ICB					
	008TC			EPS			Adhesiu bicomponent	Plaqueta ceràmica	
009	009F			WF					
010	010I	Polimèric		MW	Polimèric	Fibra de vidre	Polimèric	Revestiment morter acrílic	
011	011T			PIR					



012	012T	Mineral		XPS				Plaqueta clínquer
013	013M	Mineral	Ciment + Resines sintètiques	EPS	Mineral	Fibra de vidre	Mineral	Arrebossats amb base de silicats o resines de silicona Pintures amb base de silicats, resina silicona o resines acríliques
				XPS				
				MW				
				ICB				
014	014M	Mineral		EPS	Mineral	Fibra de vidre	Mineral	Arrebossat en base acrílica, siloxànica o de calç
				EPS –G				
				MW				
				GW				
				PF				
				ICB				
015	015C	Mineral		EPS	Mineral / Orgànic	Fibra de vidre 160gr/m²	Mineral / Orgànic	Arrebossat mineral de calç Arrebossat acrílics amb diferents textures Arrebossat acrílics amb àrid projectat Plaquetes ceràmiques Estuc de calç
				EPS-G				
				XPS				
				MW	Mineral		Mineral	
				ICB				
				WF				
016	016D			WF				
017	017A	Mineral	Ciment + Resines impermeabilitzants	EPS	Mineral	Fibra de vidre	Mineral	Arrebossat mineral Arrebossat acrílic Estuc de calç
			XPS					
	017T50		MW					
018	018R	Mineral	Ciment + adhesius orgànics	Morter termoïllant	Mineral	Fibra de vidre	Mineral	Arrebossat amb base acrílica Arrebossat amb base de silicats Arrebossat amb base de silicona Arrebossat amb sorres de quars Pintures amb base de resines sintètiques, silicats o resines de silicona
				EPS				
				ESP-G				
				XPS				
				ICB				
				MW				
PIR								
019	019WT	Polimèric		EPS	Polimèric	Fibra de vidre 160gr/m²	Polimèric	Arrebossat amb base acrílica Revestiment amb base de resines acríliques Revestiment amb base acrílica + sorra de quars
				EPS - G				
020	020R	Polimèric		MW	Mineral	Fibra de vidre 160gr/m²	Mineral	Arrebossat amb base de silicats Arrebossat amb base de silicona
021	021SC	Calç hidràulica + suro		ICB	Calç hidràulica + suro	Fibra de vidre 160gr/m²	Calç hidràulica	Pintures de silicat

022	022STP			WF					
023	023S	Morter termoïllant	Morter de calç + perlita + vermiculita + microesferes de vidre	EPS	Morter termoïllant	Fibra de vidre	Morter de calç hidràulica	Arrebossat amb base de silicona Arrebossat amb base de silicats Pintures amb base de silicona o silicats	
				ICB					
				MW					
	023T			Morter termoïllant					
024				XPS					
025	025WTM			Morter de calç termoïllant		Fibra de vidre 200gr/m²		Revestiment de ciment blanc + calç + fibres de vidre	
					Mineral	Fibra de vidre 160gr/m²	Mineral	Estuc fi de calç colorejada flexible	
								Revestiment acrílic	
	025WTE	Polimèric		EPS	Revestiment mineral	Fibra de vidre 200gr/m²		Revestiment mineral	
					Polimèric	Fibra de vidre 160gr/m²	Polimèric	Estuc fi de calç colorejada flexible	
								Revestiment acrílic	
	025WTA	Polimèric		MW	Polimèric	Fibra de vidre 160gr/m²	Polimèric	Estuc fi de calç colorejada flexible	
					Revestiment mineral				Revestiment Acrílic
								Revestiment mineral	
	025WTC	Calç i Polimèric		EPS	Morter polimèric	2 Fibra de vidre 160gr/m²	Morter Adhesiu	Plaquetes ceràmiques	
	025WTF	Pasta adhesiva			Pasta de regularització	Fibra de vidre 160gr/m²	Pasta de regularització	Estuc fi de calç colorejada flexible	
								Revestiment acrílic	

## 4.1 MATERIALS ÄLLANTS

Un dels components més importants a tenir en compte a l'hora de decantar-nos per un SATE específic, és saber les propietats físiques i mecàniques del material aïllant. A continuació es detallen unes taules que s'han elaborat a partir de la recopilació de dades que els fabricants faciliten.

## TAULA PROPIETATS FÍSQUES

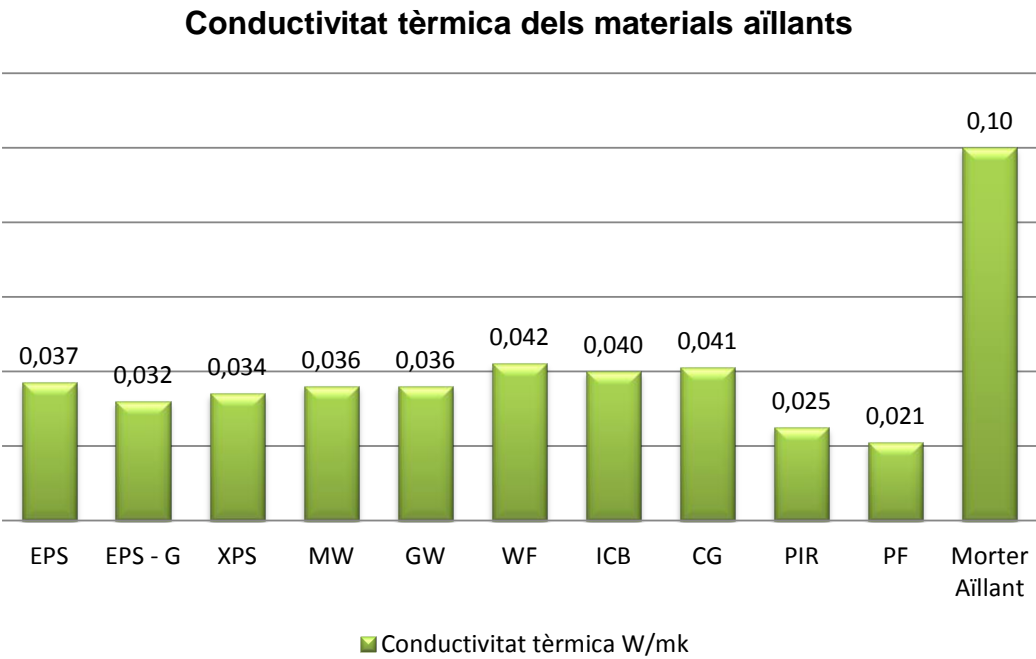
	EPS						EPS - G						MW					
FABRICANT	λ (W/mk)	ρ (kg/m³)	μ	RF	e (mm)	Rt (m²K/W)	λ (W/mk)	ρ (kg/m³)	μ	RF	e (mm)	Rt (m²K/W)	λ (W/mk)	ρ (kg/m³)	μ	RF	e (mm)	Rt (m²K/W)
001	0,037			E	20 - 400	0,54 - 10,81							0,036 - 0,040			A2	40 - 300	1,05 - 7,89
003	0,036	20		E	40 - 80	1,11 - 2,22	0,031 - 0,03	25	30 - 70	E	20 - 160	0,67 - 5,33						
004	0,038	16	60	E	20 - 400	0,52 - 10,52	0,032	15	10	E	20 - 400	0,63 - 12,5	0,036	110	1	A2	60 - 220	1,67 - 6,11
008	0,036 - 0,038			E	20 - 200	0,54 - 5,41	0,032			E	20 - 200	0,63 - 6,25	0,036 - 0,038		1	A1	20 - 200	0,54 - 5,41
010													0,036		1	A1	40 - 140	1,11 - 3,89
013	0,034 - 0,040		30 - 70	E	40 - 200	1,08 - 5,41							0,032 - 0,048		1,1 - 1,4	A2	40 - 200	1,00 - 5,00
014	0,037	15		E	40 - 120	1,08 - 3,24	0,032			E	20 - 120	0,63 - 3,75	0,036			A1	40 - 80	1,11 - 2,22
015	0,037		20 - 70	E	20 - 200	0,54 - 5,41	0,032			E	20 - 200	0,63 - 6,25	0,036		1	A1	20 - 200	0,56 - 5,56
017	0,037		30 - 70	E	40 - 200	1,08 - 5,41							0,036		1	A1	60 - 100	1,67 - 2,78
018	0,039	20		E	20 - 100	0,51 - 2,56	0,031	20		E	20 - 100	0,65 - 3,23	0,038	110	1	A1	40 - 100	1,05 - 2,63
019	0,037	20		E	20 - 100	0,54 - 2,70	0,032	20		E	20 - 100	0,63 - 3,13						
020													0,036	80/150	1	A1	50 - 200	1,39 - 5,56
025	0,037	20	60	E	40 - 80	1,08 - 2,16	0,032		30 - 70	E	20 - 200	0,63 - 6,25	0,036	120	1	A1	40 - 100	1,11 - 2,78

[illegible]

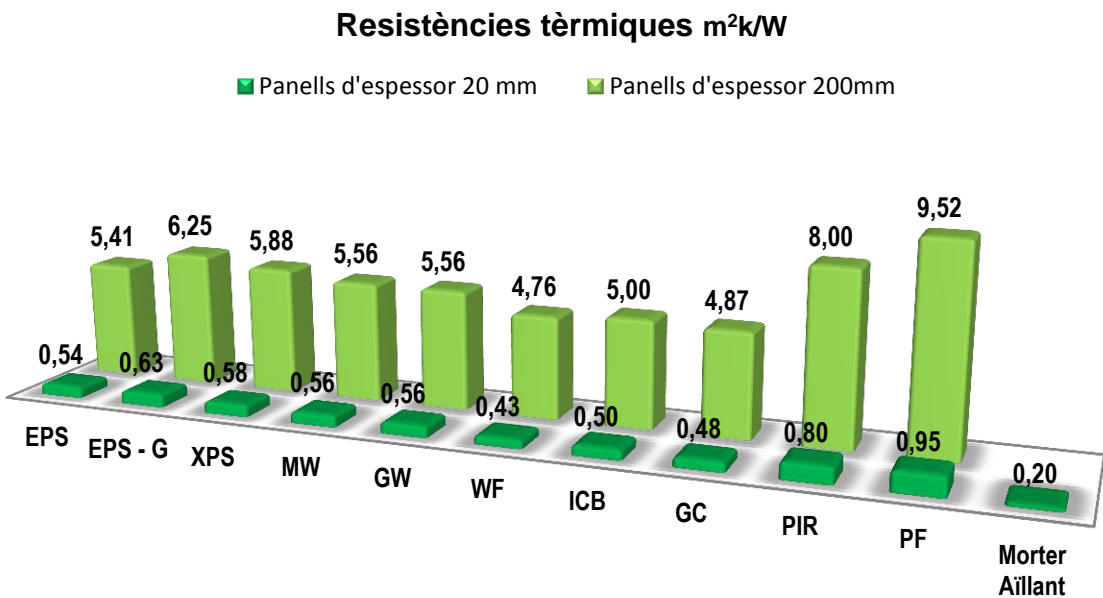
FABRICANT	PIR						XPS						Mortor aïllant					
	$\lambda$ (W/mk)	$\rho$ (kg/m³)	$\mu$	RF	e (mm)	Rt (m²K/W)	$\lambda$ (W/mk)	$\rho$ (kg/m³)	$\mu$	RF	e (mm)	Rt (m²K/W)	$\lambda$ (W/mk)	$\rho$ (kg/m³)	$\mu$	RF	e (mm)	Rt (m²K/W)
011	0,025 - 0,027				80 - 120	3,08 - 4,62												
012							0,034			E	30 - 80	0,88 - 2,35						
013							0,032 - 0,036		80 - 100	E	40 - 80	1,18 - 2,35						
015							0,034		≥150	E	40 - 50	1,18 - 1, 47						
017							0,034 - 0,036		60	E	30 - 200	0,86 - 5,71	0,1		≤15	A2	20 - 40	0,2 - 0,4
018	0,023	35		E	20 - 50	0,87 - 2,17	0,034			E	30 - 100	0,88 – 2,94						
023													0,044 - 0,068		≤7,5	A1		
024							0,034 - 0,036			E	30 - 120	0,86 - 3,43						
025													0,042		≤5		30 - 80	0,71 - 1,90

FABRICANT	GW					PF				
	$\lambda$ (W/mk)	$\mu$	RF	e (mm)	Rt (m²K/W)	$\lambda$ (W/mk)	$\mu$	RF	e (mm)	Rt (m²K/W)
014	0,036		A2	40 -100	1,11 - 2,78	0,021		A1	20 - 100	0,95 - 4,76

La finalitat de recopilar cada una de les dades que faciliten els fabricants, era per comprovar si els mateixos materials aïllants que ofereixen les diferents empreses tenen conductivitats tèrmiques semblants o difereixen entre elles. Tal i com s’observa en les dades les diferències de conductivitat són mínimes i això podria ser degut a la diferència de densitat del material. També ens interessava conèixer en quins rangs d’espessors es mouen per saber quines resistències podem arribar a obtenir i els seus coeficients de resistivitat al pas de vapor d’aigua.



Gràfic 4.1a. Comparativa de conductivitat tèrmica dels diferents materials aïllants



Gràfic 4.1b. Rangs de resistència tèrmica dels diferents materials amb un màxim d’espessor establert en els 200mm

TAULA PROPIETATS MECÀNIQUES

	EPS			EPS - G			MW		
FABRICANT	R. flexió (kPa)	R. Compressió (kPa)	R. Tracció Perp (kPa)	R. flexió (kPa)	R. Compressió (kPa)	R. Tracció Perp (kPa)	R. flexió (kPa)	R. Compressió (kPa)	R. Tracció Perp. (kPa)
003				≥115	≥70	≥100			
004	115	70	≥100			≥100		30	10
008			≥80			≥80			
010									10
015	150	60	150	≥100	≥60	100		≥30	≥10
017			≥80						10
018	≥125	≥80	≥150	≥100	≥70	≥150			
019	≥150	≥60	≥150	≥100	≥70	≥150			
020								20	7,5
025	≥150	≥60	≥150						10

	WF			ICB			CG		
FABRICANT	R. flexió (kPa)	R. Compressió (kPa)	R. Tracció Perpen. (kPa)	R. flexió (kPa)	R. Compressió (kPa)	R. Tracció Perpen. (kPa)	R. flexió (kPa)	R. Compressió (kPa)	R. Tracció Perpen. (kPa)
002				19,61	100	50			
005		50							
006							≥450	≥600	≥100
007		100	10						
008						50			
009		≥70	≥7,5						
015		50	10						
016		80	10						
018				19,61	100	50			
021					100	60			
022		100 - 180	≥30						

FABRICANT	PIR			XPS			Morter aïllant		
	R. flexió (kPa)	R. Compressió (kPa)	R. Tracció Perpen. (kPa)	R. flexió (kPa)	R. Compressió (kPa)	R. Tracció Perpen. (kPa)	R. flexió (kPa)	R. Compressió (kPa)	R. Tracció Perpen. (kPa)
012						500			
015					≥200	≥200			
017								400 - 2500	
018		250				100			
024					300				

Com es pot observar en la recollida de dades de les propietats mecàniques, la dada més facilitada per els fabricants és la resistència a tracció perpendicular. Penso que és degut a la importància que té aquesta propietat, ja que ens informa de la resistència entre la unió del panell i l'adhesiu. La norma UNE – EN 1607:2013 determina la resistència a tracció perpendicular a les cares.

TAULA RESUM

Aquesta taula vol reflectir un resum a partir de totes les dades obtingudes per a poder ser valorades d'una manera més simplificada i poder comparar quines prestacions ens ofereixen els diferents materials aïllants

	EPS	EPS-G	XPS	MW	GW	WF	ICB	CG	PIR	PF	M. AïLL
Resistència foc	X	X	X	✓	✓	X	X	✓	X	X	✓
Aïllament acústic	X	X	X	✓	✓	✓	✓	X	X	X	X
Menor espessor – Major resistència tèrmica	6	3	4	5	5	9	7	8	2	1	10
Baixa resistivitat a la difusió del vapor d'aigua	X	X	X	✓	✓	✓	✓	X	-	-	✓
Resistència a compressió	7	7	3	8	-	5	6	2	4	-	1
Resistència a tracció	2	2	1	5	-	6	4	3	-	-	-
Contenen materials reciclats en la seva fabricació	✓	-	X	X	✓	✓	✓	✓	X	X	X
Reciclatge	✓	-	X	X*	X*	✓	✓	✓	X	X	-

\* La possibilitat de reciclatge de la MW i la GW no es tenen en compte degut a que tenen un cost energètic molt elevat que implica més contaminació ambiental

**EPS:** El poliestirè expandit és un material que no presenta resistència al foc i la velocitat de propagació de les flames és ràpida. En comparació amb altres materials aïllants, es troba situat al mig de la taula quan parlem del gruix d'espessor necessari per a una mateixa resistència tèrmica. Referent a les propietats mecàniques presenta una resistència a tracció superior a tots els altres materials aïllants menys al poliestirè extruït i la seva resistència a compressió és de les més baixes. Respecte a la sostenibilitat del producte podem dir que és un material reciclable que es pot tornar a afegir en de la cadena de producció de panells aïllants degut a que estem parlant d'un material termoplàstic, però s'ha de valorar en quins percentatges ja que els materials plàstics reciclats poden tenir unes propietats impredecibles. També es reciclen per fabricar altres tipus de productes com formigons lleugers o maons porosos.

**EPS-G:** El poliestirè expandit amb grafit té les mateixes característiques que el EPS. L'únic punt que els diferencia és l'espessor que necessitem per a una mateixa resistència tèrmica, que el situa entre els primers aïllants degut a la incorporació del grafit en la seva composició.

**XPS:** El poliestirè extruït no presenta bona resistència al foc. La relació espessor – resistència tèrmica el situa de la meitat de la taula cap amunt. Cal esmenar que és un material amb una alta resistència a la difusió del vapor d'aigua i impermeable, i amb molt bones prestacions mecàniques tant a compressió com a tracció, per lo que molts fabricants el recomanen com a material aïllant per al sòcol en els SATE.

**MW:** La llana mineral de roca és un material amb bona resistència al foc. A banda de les prestacions que ofereix com aïllament tèrmic també ens aporta aïllament acústic. Com aïllament tèrmic en comparativa amb els altres materials estudiats, la trobem situada en la meitat de la taula en referència a l'espessor necessari – resistència tèrmica. En resistència a flexió i compressió té els valors més baixos dels materials aïllants. La seva resistència a la difusió del vapor és molt petita degut a que la seva estructura de filaments crea molta porositat en el material. No és un material que contingui altres materials reciclats en la seva producció i el reciclatge del mateix no es té molt en compte degut al seu elevat cost energètic.

**GW:** La llana de vidre, així com la llana mineral, té una bona resistència enfront al foc i ens aporta aïllament acústic. En la relació espessor – resistència tèrmica la trobem situada al mig de la taula juntament amb la llana mineral. La seva resistència al vapor d'aigua és baixa degut a la seva estructura. En quant a la sostenibilitat del material sabem que en la seva fabricació s'afegeix vidre reciclat juntament amb les altres matèries que conformen el material. Amb el seu reciclatge succeeix el mateix que amb la llana de roca, és un procés que té un elevat cost energètic.

**WF:** Els panells de fibra de fusta no presenten bona resistència al foc. Ens aporten aïllament acústic a banda de l'aïllament tèrmic. En quant a espessor – resistència tèrmica es posiciona com l'últim material aïllant en forma de panell. Presenta una resistència a la difusió del vapor d'aigua baixa. La seva resistència a compressió és bona, en canvi la resistència a flexió és la pitjor en comparació amb els altres materials analitzats. En la seva producció s'utilitzen fibres de fusta que aprofiten dels residus del processat de la fusta, i és un material que es pot reciclar.

**ICB:** Els panells de suro aglomerat no presenten bona resistència al foc, encara que la seva combustió és lenta. També ens aporta aïllament acústic. En la relació espessor – resistència tèrmica es situa entre els que més gruix necessita. La seva resistència a la difusió de vapor d'aigua és baixa, i la seva resistència a compressió i flexió es situen entre les més baixes dels materials. És un material que en la seva fabricació pot contenir suro reciclat provinent de residus com poden ser els taps de suro de les ampolles i és fàcilment reciclable.

**CG:** El vidre cel·lular és un material aïllant que presenta una bona resistència al foc. La seva conductivitat tèrmica l'exigeix uns espessors més grans que la gran majoria dels materials estudiats per aconseguir la mateixa resistència tèrmica. Presenta molt bones prestacions mecàniques i una alta resistivitat a la difusió del vapor d'aigua. En la fabricació del CG s'utilitza pols vítria normalment procedent del reciclatge de vidre blanc, i és possible el seu reciclatge per fer-lo servir com aïllant de reblert o àrid per a la fabricació de maons.

**PIR:** El panell de poliisocianurat no presenta bona resistència al foc. La seva conductivitat tèrmica és molt baixa, el que suposa espessors de panells més prims per a una mateixa resistència tèrmica que els altres materials de la taula. La seva resistència a compressió està per damunt de la mitja dels materials estudiats i ofereix una elevada resistivitat al pas de vapor d'aigua.

**PF:** El panell d'escuma fenòlica no té una bona resistència al foc. És el material que té la conductivitat tèrmica més baixa dels que s'han estudiat, el que vol dir que amb menys gruix de panell que els altres materials podem obtenir la mateixa resistència tèrmica. En la seva fabricació no s'utilitzen materials reciclats i no és contempla el seu reciclatge.

**Morter aïllant:** L'aïllament a partir de morter aïllant presenta bona resistència al foc. La seva conductivitat tèrmica és major que la dels materials aïllants en panell, i necessita uns gruixos més significatius per obtenir la mateixa resistència tèrmica. No presenta una elevada resistivitat a la difusió de vapor d'aigua.



## 4.2 CERTIFICATS I ETIQUETATGE

El fet de que el sistema o els productes independentment comptin amb diferents certificats i etiquetats, ens dona l'oportunitat de tenir un coneixement més profund del producte que ens ofereixen i de conèixer si compleixen amb els requisits mínims de les normatives aplicades en cada cas.

El tipus de certificats que podem trobar són el següents:

- **DdP/DoP:** Declaració de prestacions/*Declaration of performance*
- **DCF:** Declaració de conformitat del fabricant
- **ETE(DITE)/ETA:** Avaluació tècnica Europea(Document d'idoneïtat tècnica)/ *European technical assessment*.
- **AENOR:** Associació espanyola de normalització i certificació
- **ACERMI:** Associació per a la certificació de materials aïllants francesa

Eco-etiquetes i sistemes de gestió mediambiental:

- **DAPI/EPD:** Declaració ambiental del producte/ *Environmental product declaration*. Informen del impacte ambiental des de l'extracció de la matèria prima fins a la "mort" del producte. (Anàlisi de cicle de vida)
- **FSC:** Forest Stewardship Council. Promouen la utilització responsable dels boscos del món.
- **PEFC:** Programme for the Endorsement of forest certification. Garanteixen al consumidor que els productes estan fabricats de fusta aprofitable en boscos gestionats de manera sostenible.
- **Natureplus:** Ofereix indicadors de l'impacte ambiental del material.
- **Passivhaus:** El segell passivhaus certifica edificis de baix consum energètic. (demanda de calefacció i refrigeració per sota dels 15kWh/m<sup>2</sup>)
- **IBR:** Institut de materials biològics de construcció Rosenheim (Alemanya). Certificació mediambiental ACV/Manteniment/Reciclatge
- **Umweltzeichen:** Eco-etiqueta tipus I Austríaca, que certifica productes que tenen un menor impacte ambiental durant el seu cicle de vida.
- **EUCEB:** European certification board for mineral wool products. Implica el compliment de la directiva europea que considera les llanes minerals aïllants materials no perillosos per a la salut.
- **EMAS:** Sistema de gestió i auditories mediambientals del producte i activitats d'una empresa.



A continuació es detallen els certificats i ecoetiquetes dels que cada fabricant dels estudiats disposa.

FABRICANT	CERTIFICACIÓ I/O ECOETIQUETA
001	ETE/DIBT EPS
002	FSC ICB
003	DITE 003H EPS
004	DITE 004O EPS/ 004S MW o EPS/004P EPS/ 004M MW/ 004N WF
005	-
006	DITE GC Ddp: morters
007	EPD/EMAS/NATUREPLUS WF
008	ETE: 008T EPS/EPS-G/MW/ICB Ddp: morters
009	ACERMI
010	DAP/AENOR/Ddp/EUCEB MW
011	-
012	ETE XPS
013	ETE: XPS/EPS/MW
014	ETE: EPS/EPS-G/MW/GW/PF
015	DITE: EPS/MW
016	EPD/NATUREPLUS/ETE/UMWELTZEICHEN/FSC/Ddp/ACERMI WF
017	Ddp: morter per aïllament ETE: 017A EPS/XPS/MW
018	-
019	AENOR/DITE: WT EPS
020	EUCEB/Ddp: MW
021	-
022	PASSIVHAUS/IBR/FSC/PEFC WF
023	Ddp: 023T
024	DAP/ARCEMI XPS
025	DITE: 025WT MW/morter per aïllament/EPS Ddp: Morters DAP: acabat mineral/morter cola

### 4.3 IMPACTE AMBIENTAL DELS MATERIALS AÏLLANTS

Que tots els fabricants facilitessin els paràmetres d'impacte ambiental del seu producte seria idoni, d'aquesta manera es podrien portar a terme comparatives entre diferents materials i decidir quin ens interessa més, però malauradament aquesta informació no la faciliten la gran majoria de fabricants.

A continuació amb algunes de les dades d'impacte ambiental que he pogut recopilar de fabricants i bases de dades he procedit a realitzar una petita comparativa dels impactes d'alguns dels materials aïllants estudiats en aquest projecte.

#### Paràmetres facilitats per fabricants

##### Fabricant 010 MW

Els resultats que apareixen fan referència a 1m<sup>2</sup> del material amb espessor de 36mm, per a calcular el valor d'altres gruixos s'adjunta la taula a continuació de la principal.

Fase		A1 – A3
Energia primària no renovable	MJ	68,2
Potencial d'escalfament global	Kg CO <sub>2</sub> eq.	4,55
Potencial d'acidificació del sòl i dels recursos d'aigua	Kg SO <sub>2</sub> eq.	3,32 E -02
Potencial d'eutrofització	Kg (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup>	5,45 E -03
Potencial de formació d'ozó troposfèric	Kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1,41 E -03

e(mm)	Factor de multiplicació
40	1,11
50	1,39
60	1,67
70	1,94
80	2,22
90	2,50
100	2,78
110	3,06
120	3,33

Fabricant 016 WFResultats per 1m<sup>3</sup> de fibra de fusta amb una densitat de 140kg/m<sup>3</sup>

Fase		A1 – A3
Energia primària no renovable	MJ	1612
Potencial d'escalfament global	Kg CO <sub>2</sub> eq.	-165,10
Potencial d'acidificació del sòl i dels recursos d'aigua	Kg SO <sub>2</sub> eq.	0,19
Potencial d'eutrofització	Kg (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup>	0,03
Potencial de formació d'ozó troposfèric	Kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0,02

Fabricant 024 XPSResultats per 1m<sup>2</sup> de poliestirè extruït

Fase	A1 – A3	
Espessor	Energia primària MJ/m <sup>2</sup>	CO <sub>2</sub> kg/m <sup>2</sup>
30	92,88	4,06
40	123,84	5,41

**ITeC**

Les dades d'impacte ambiental que s'exposen seguidament, no estan relacionades directament amb cap dels fabricants que es contemplen en aquest estudi. Són valors genèrics de materials aïllants.

El cost energètic (CE) contempla:

- El procés d'extracció de la matèria prima
- El transport d'origen a fàbrica
- Procés dels materials constitutius. No contempla la transformació del material en un element específic.

**ICB**

Resultats per 1m<sup>2</sup> de suro aglomerat amb una densitat de 110 kg/m<sup>3</sup>

Espessor	CE MJ/m <sup>2</sup>	CO <sub>2</sub> Kg/m <sup>2</sup>
20	8,67	0,53
40	17,34	1,06
60	26,00	1,58
80	34,67	2,11
100	43,34	2,64

**CG**

Resultats per 1m<sup>2</sup> de vidre cel·lular amb una densitat de 157 kg/m<sup>3</sup>

Espessor	CE MJ/m <sup>2</sup>	CO <sub>2</sub> Kg/m <sup>2</sup>
20	43,65	3,27
30	65,47	4,90
40	87,29	6,53

**Paràmetres EUMEPS**

European manufacturers of expanded polystyrene

Resultats per 1m<sup>2</sup> de poliestirè expandit amb un espessor 35 mm i una densitat de 20 kg/m<sup>3</sup>

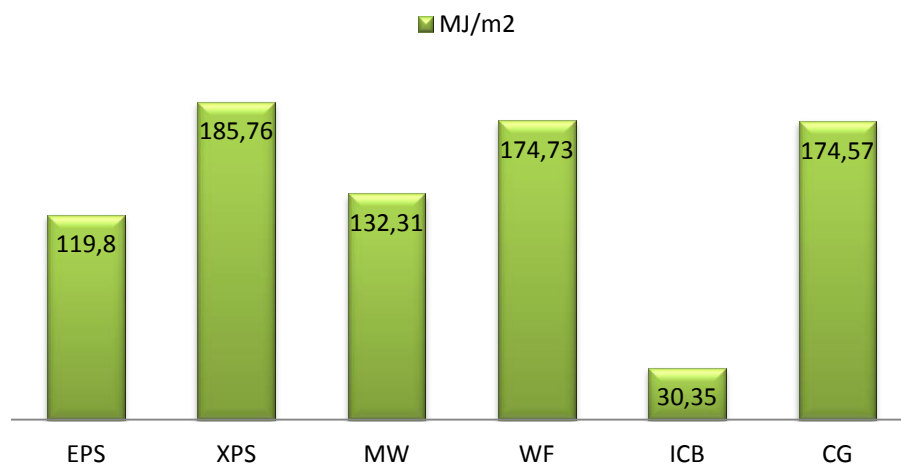
Fase		A1 – A3
Energia primària no renovable	MJ	59,9
Potencial d'escalfament global	Kg CO <sub>2</sub> eq.	2E+00
Potencial d'acidificació del sòl i dels recursos d'aigua	Kg SO <sub>2</sub> eq.	4,3E-03
Potencial d'eutrofització	Kg (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup>	4,4E-04
Potencial de formació d'ozó troposfèric	Kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1,2E-02

**Comparativa Impacte ambiental**

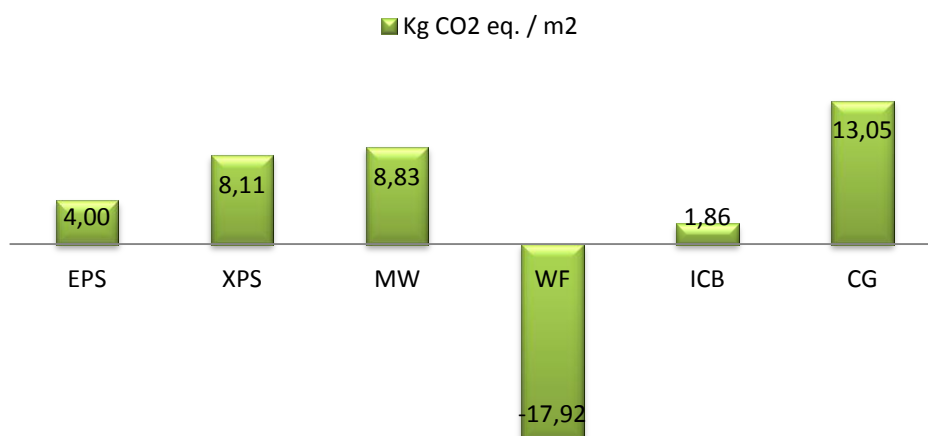
Resultats per 1 m<sup>2</sup> amb una resistència tèrmica de 1,75 m<sup>2</sup>K/W

Material	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	e (mm)	MJ/m <sup>2</sup>	Kg CO <sub>2</sub> eq./m <sup>2</sup>
EPS	20	70	119,80	4,00
XPS	35	60	185,76	8,11
MW	126	70	132,31	8,83
WF	190	80	174,73	-17,92
ICB	110	70	30,35	1,86
CG	157	80	174,57	13,05

**Consum energètic en les fases A1 - A3 per a  
obtenir un panell amb R= 1,75 m<sup>2</sup>K / W**



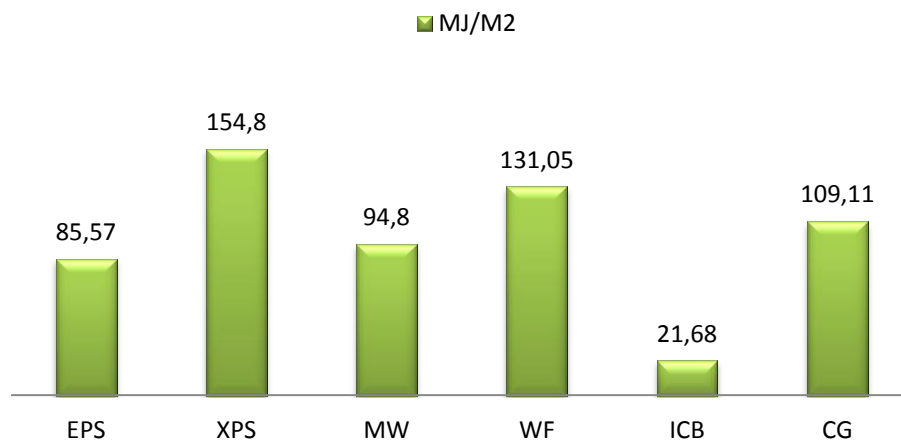
**Emissions de CO<sub>2</sub> eq. en les fases A1- A3 per  
obtenir un panell amb R= 1,75 m<sup>2</sup>K / W**



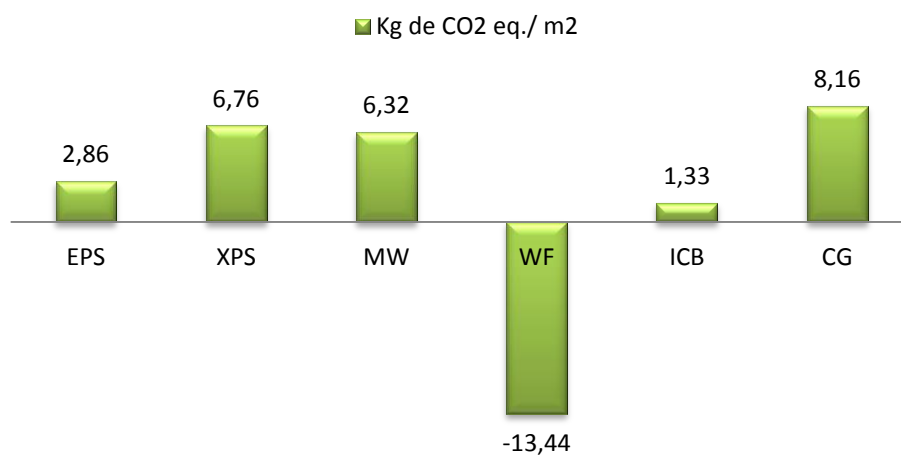
Resultats per  $1\text{m}^2$  amb una resistència de  $1,22\text{ m}^2\text{ K / W}$

Material	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	e (mm)	MJ/m <sup>2</sup>	Kg CO <sub>2</sub> eq./m <sup>2</sup>
EPS	20	50	85,57	2,86
XPS	35	50	154,80	6,76
MW	126	50	94,80	6,32
WF	190	60	131,05	-13,44
ICB	110	50	21,68	1,33
CG	157	50	109,11	8,16

**Consum energètic en les fases A1 - A3 per a  
obtenir un panell amb  $R= 1,22\text{ m}^2\text{K / W}$**



**Emissions de CO eq. en les fases A1- A3 per  
obtenir un panell amb  $R= 1,22\text{ m}^2\text{K / W}$**



#### 4.4 PREUS ORIENTATIUS

Una qüestió important per al client quan s'ha de decantar entre l'elecció d'un producte o un altre, a banda de les prestacions que estigui buscant d'aquest, és el preu.

Els preus especificats a continuació s'han obtingut a través de diferents bases de dades. A l'existir en alguns casos una diferència significativa de preus no he vist convenient donar un valor mig del preu que es pot trobar al mercat i he donat el preu mínim i màxim en el que és mouen aquests segons la informació recopilada.

- Poliestirè expandit densitat aprox. 20 kg/m<sup>3</sup>

EPS	Rang de preus €/m <sup>2</sup>
20	3,02 – 3,67
30	4,52 - 5,94
40	4,42 - 7,51
50	7,54 - 9,38
60	6,64 - 11,26
70	10,54 - 13,24
80	8,85 - 15,02
90	17,32
100	11,06 - 19,00
120	18,00 - 18,90

- Poliestirè expandit amb grafit densitat aprox. 20 kg/m<sup>3</sup>

EPS - G	Rang de preus €/m <sup>2</sup>
20	3,72 - 5,69
30	5,58 - 9,24
40	7,43 - 11,55
50	9,29 - 14,24
60	8,53 - 17,33
70	12,97 - 19,98
80	11,38 - 23,11
90	22,72 - 26,00
100	14,22 - 28,47
120	22,24 - 26,79

- Poliestirè extruït ( $\lambda=0.034$ )

XPS	Rang de preus €/m <sup>2</sup>
30	8,39
40	11,18 - 15,82
50	13,00 - 19,70
60	16,77 - 18,00
70	19,57
80	21,00 - 22,36
90	25,16
100	26,00 - 27,96
110	30,57
120	33,55

- Llana mineral ( $\lambda=0.036$ )

MW	Rang de preus €/m <sup>2</sup>
20	18,64
30	27,69
40	12,03 - 23,47
50	12,14 - 28,76
60	14,29 - 34,08
80	19,06 - 44,73
100	23,80 - 55,83
120	37,80



- Fibra de fusta ( $\lambda=0.045$ )( $\rho=190\text{kg/m}^3$ )

WF	Rang de preus €/m <sup>2</sup>
40	26,27
60	35,36
80	47,26
100	58,47
120	70,15

- Suro aglomerat ( $\rho=100 - 120\text{kg/m}^3$ )

ICB	Rang de preus €/m <sup>2</sup>
20	3,40 - 7,66
30	9,75
40	6,80 - 12,49
50	15,61
60	10,21 - 18,78
80	13,61
100	17,00

- Vidre cel·lular ( $\rho=157\text{kg/m}^3$ )

CG	Rang de preus €/m <sup>2</sup>
20	11,99
30	16,45
40	21,93

**Comparativa de preus**

En les taules següents s'especifiquen els espessors necessaris per a complir amb una resistència tèrmica determinada. En la columna e1 s'especifica el valor de l'espessor del material que compliria amb la resistència proposta, però degut a que els panells no es fabriquen amb mesures tan variades si no que normalment els espessors van de 10 en 10 mm s'ha afegit la columna e2 on s'especifica quin és el gruix disponible per a arribar com a mínim a la resistència proposta.

Materials	$\lambda$	e1	Rt	e2	Rt	Preu €/m <sup>2</sup>
EPS	0,037	0,065	1,75	0,07	1,89	10,54 – 13,24
EPS - G	0,032	0,056		0,06	1,88	8,53 – 17,33
XPS	0,034	0,060		0,06	1,76	16,77 – 18,00
MW	0,036	0,063		0,08*	2,22	19,06 – 44,73
WF	0,042	0,074		0,08	1,90	47,26
ICB	0,040	0,070		0,07	1,75	13,61

*\*Amb un espessor de 70 mm arribaríem a la resistència proposta, però a causa de no tenir dades s'ha valorat un panell de 80 mm*

Materials	$\lambda$	e1	Rt	e2	Rt	Preu €/m <sup>2</sup>
EPS	0,037	0,056	1,52	0,06	1,62	6,64 – 11,26
EPS - G	0,032	0,049		0,05	1,56	9,29 – 14,24
XPS	0,034	0,052		0,06	1,76	16,77 – 18,00
MW	0,036	0,055		0,06	1,67	14,39 – 34,08
WF	0,042	0,064		0,08*	1,90	47,26
ICB	0,040	0,061		0,07	1,75	13,61

*\*Amb un espessor de 70 mm arribaríem a la resistència proposta, però a causa de no tenir dades s'ha valorat un panell de 80 mm*

Materials	$\lambda$	e1	Rt	e2	Rt	Preu €/m <sup>2</sup>
EPS	0,037	0,051	1,37	0,06	1,62	7,64 – 9,38
EPS - G	0,032	0,044		0,05	1,56	7,43 – 11,55
XPS	0,034	0,047		0,05	1,47	13,00 – 19,70
MW	0,036	0,049		0,05	1,39	12,14 – 28,76
WF	0,042	0,058		0,06	1,43	35,36
ICB	0,040	0,055		0,06	1,50	10,21 – 18,78

Materials	$\lambda$	e1	Rt	e2	Rt	Preu €/m <sup>2</sup>
EPS	0,037	0,045	1,22	0,05	1,62	6,64 – 11,26
EPS - G	0,032	0,039		0,04	1,56	9,29 – 14,24
XPS	0,034	0,041		0,05	1,76	13,00 – 19,70
MW	0,036	0,044		0,05	1,67	12,14 – 28,76
WF	0,042	0,051		0,06	1,90	47,26
ICB	0,040	0,049		0,05	1,75	10,21 – 18,78

Analitzant les dades que s'han pogut recollir, es veu una clara tendència a que els preus més baixos són els dels materials orgànics, amb excepció d'algun punt on el suro també es situa entre aquests preus. La llana mineral de roca és un material amb un preu més considerable que els anomenats anteriorment, i el material que té un cost molt per damunt del altres materials aïllants, tenint en compte que només s'ha trobat una font de preus, és el panell de fibres de fusta.

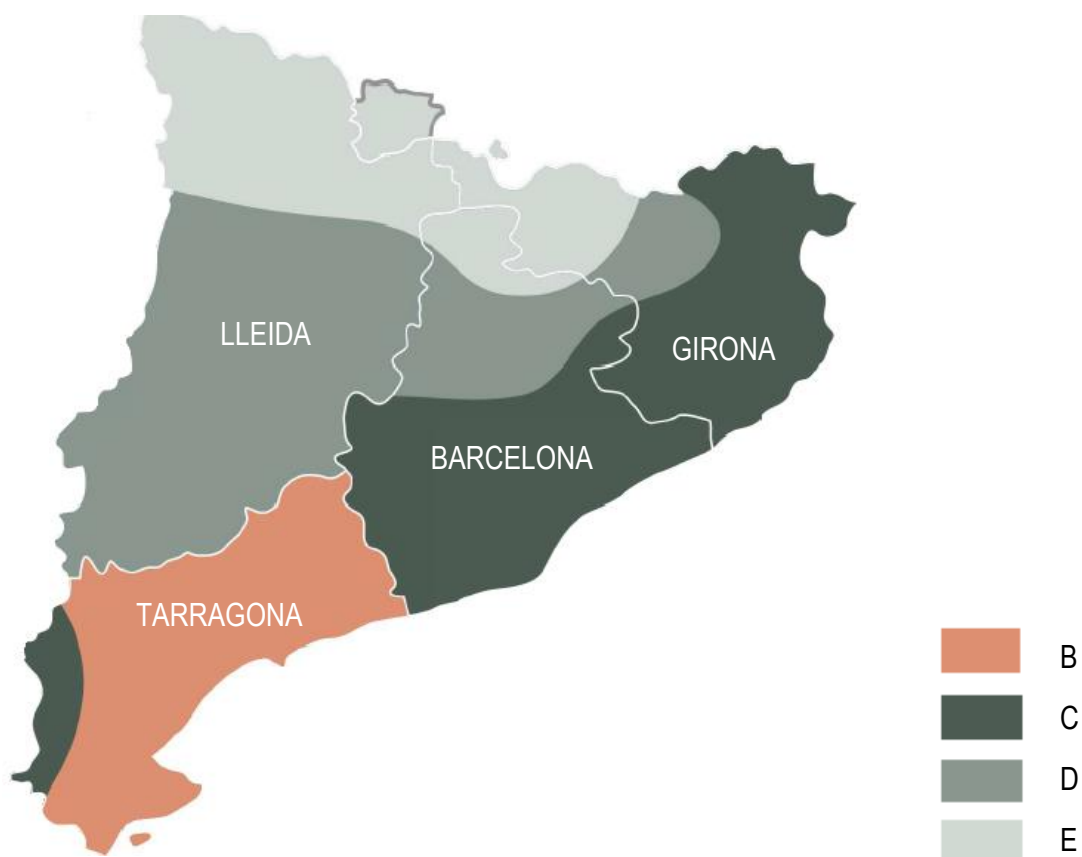
## 5. REQUERIMENTS DELS SISTEMES SATE A CATALUNYA

### Zones climàtiques a Catalunya

A Catalunya tenim diferenciades quatre tipus de zones climàtiques, el que implica que depèn de la localització de l'habitatge on es vulgui dur a terme la rehabilitació amb SATE, es necessitaran diferents espessors d'aïllant per a complir amb la transmitància màxima exigida al DB-HE1 del CTE.

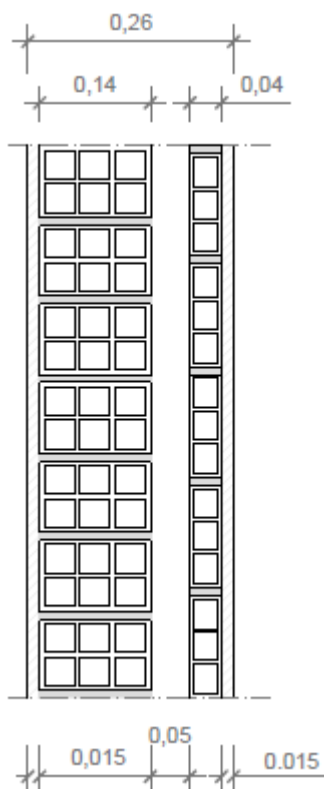
A continuació es proposen tres tipologies constructives que ens podem trobar a l'hora de fer una rehabilitació, indicant la transmitància del conjunt inicial i la transmitància final del conjunt un cop s'ha aplicat el SATE, tenint en compte tots els materials aïllants dels que disposem al mercat i que estan certificats per poder utilitzar-los en els sistemes d'aïllament tèrmic per l'exterior.

Els espessors contemplats a les taules són el mínims per no sobrepassar la transmitància màxima, el que vol dir que la transmitància final del sistema pot ser millorable.



**Fig. 5.1.** Mapa de Catalunya

## TIPOLOGIA CONSTRUCTIVA 1



RESISTENCIA I TRANSMITÀNCIA DE LA FAÇANA			
Components	$\lambda$	e	R
Acabat de morter	1	0,015	0,015
Fabrica de maó foradat doble	0,432	0,14	0,32
Cambra d'aire		0,05	0,18
Envà de maó foradat senzill	0,445	0,04	0,09
Enguixat	0,57	0,015	0,03
Rsi+Rse			0,17
		<b>RT</b>	0,80
		<b>U</b>	1,25

ZONA CLIMÀTICA B	AÏLLANTS PER REHABILITACIÓ SATE					
Ulim Façana	Material	$\lambda$	e mín necessari	Ra	RT	U
0,82	EPS	0,037	0,02	0,54	1,34	0,75
	EPS-G	0,032	0,02	0,63	1,43	0,70
	XPS	0,034	0,02	0,59	1,39	0,72
	MW	0,036	0,02	0,56	1,36	0,74
	GW	0,036	0,02	0,56	1,36	0,74
	WF	0,042	0,02	0,48	1,28	0,78
	ICB	0,040	0,02	0,50	1,30	0,77
	CG	0,041	0,02	0,49	1,29	0,78
	PIR	0,025	0,02	0,80	1,60	0,63
	PF	0,021	0,02	0,95	1,75	0,57
	Mortor	0,10	0,06	0,60	1,40	0,71

Per a complir amb una transmitància tèrmica inferior a  $0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$  necessitem un espessor mínim de 20 mm amb qualsevol tipologia de material aïllant que vulguem aplicar, amb excepció del morter aïllant que necessitem un gruix de 60 mm. El que aconseguirem amb l'elecció d'un tipus d'aïllant o un altre amb el mateix espessor, serà que aquest tingui més o menys resistivitat tèrmica.

ZONA CLIMÀTICA C	AÏLLANTS PER REHABILITACIÓ SATE					
Ulim Façana	Material	$\lambda$	e mín necessari	Ra	RT	U
0,73	EPS	0,037	0,03	0,81	1,61	0,62
	EPS-G	0,032	0,02	0,63	1,43	0,70
	XPS	0,034	0,02	0,59	1,39	0,72
	MW	0,036	0,03	0,83	1,63	0,61
	GW	0,036	0,03	0,83	1,63	0,61
	WF	0,042	0,03	0,71	1,51	0,66
	ICB	0,040	0,03	0,75	1,55	0,65
	CG	0,041	0,03	0,73	1,53	0,65
	PIR	0,025	0,02	0,80	1,60	0,63
	PF	0,021	0,02	0,95	1,75	0,57
	Morter	0,10	0,06	0,60	1,40	0,71

Els espessors mínims necessaris per a una transmitància inferior a  $0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$  varien entre els 20 i 30 mm segons els material. Amb el morter aïllant necessitem un espessor de 60mm.

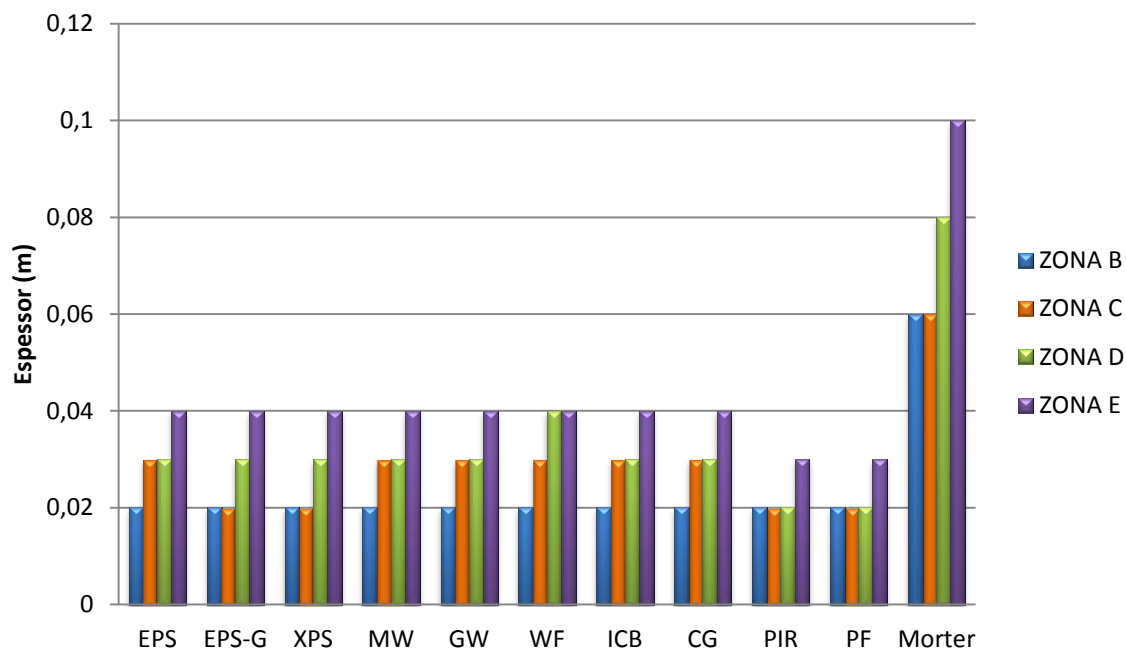
ZONA CLIMÀTICA D	AÏLLANTS PER REHABILITACIÓ SATE					
Ulim Façana	Material	$\lambda$	e mín necessari	Ra	RT	U
0,66	EPS	0,037	0,03	0,81	1,61	0,62
	EPS-G	0,032	0,03	0,94	1,74	0,57
	XPS	0,034	0,03	0,88	1,68	0,60
	MW	0,036	0,03	0,83	1,63	0,61
	GW	0,036	0,03	0,83	1,63	0,61
	WF	0,042	0,04	0,95	1,75	0,57
	ICB	0,040	0,03	0,75	1,55	0,64
	CG	0,041	0,03	0,73	1,53	0,65
	PIR	0,025	0,02	0,80	1,60	0,63
	PF	0,021	0,02	0,95	1,75	0,57
	Morter	0,10	0,08	0,80	1,60	0,63

En zona climàtica D és segueixen mantenint els espessors entre 20 i 30 mm, amb excepció de la fibra de fusta que necessitem un gruix de 40 mm i el morter de 80 mm.

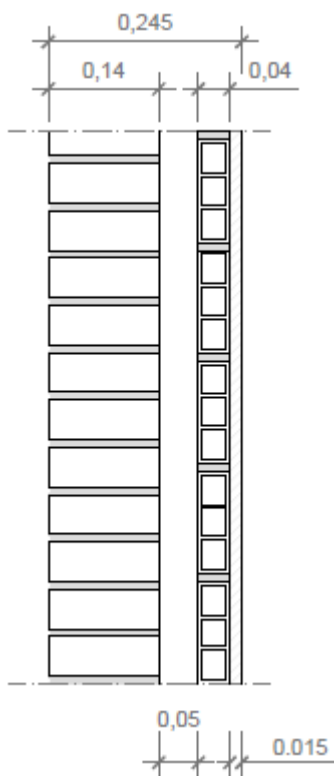
ZONA CLIMÀTICA E	AÏLLANTS PER REHABILITACIÓ SATE					
Ulim Façana	Material	$\lambda$	e mín necessari	Ra	RT	U
0,57	EPS	0,037	0,04	1,08	1,88	0,53
	EPS-G	0,032	0,04	1,25	2,05	0,49
	XPS	0,034	0,04	1,18	1,98	0,51
	MW	0,036	0,04	1,11	1,91	0,52
	GW	0,036	0,04	1,11	1,91	0,52
	WF	0,042	0,04	0,95	1,75	0,57
	ICB	0,040	0,04	1,00	1,80	0,56
	CG	0,041	0,04	0,98	1,78	0,56
	PIR	0,025	0,03	1,20	2,00	0,50
	PF	0,021	0,03	1,43	2,23	0,45
	Morter	0,10	0,1	1,00	1,80	0,55

Per a la zona climàtica més restrictiva que podem trobar a Catalunya, els espessors necessaris per a no superar la transmitància tèrmica límit amb aquesta tipologia de façana es mouen entre els 30 i 40 mm. L'espessor necessari del morter aïllant no el contempla el fabricant.

**Gràfic d'espessors dels materials per a tipologia 1**



## TIPOLOGIA CONSTRUCTIVA 2



RESISTÈNCIA I TRANSMITÀNCIA DE LA FAÇANA			
Components	$\lambda$	e	R
Fabrica de maó calat	0,667	0,14	0,21
Cambra d'aire		0,05	0,18
Envà de maó foradat senzill	0,445	0,04	0,09
Enguixat	0,57	0,015	0,03
Rsi+Rse			0,17
		<b>RT</b>	0,68
		<b>U</b>	1,47

ZONA CLIMÀTICA B	AÏLLANTS PER REHABILITACIÓ SATE					
Ulim Façana	Material	$\lambda$	e mín necessari	Ra	RT	U
0,82	EPS	0,037	0,02	0,54	1,22	0,82
	EPS-G	0,032	0,02	0,63	1,31	0,76
	XPS	0,034	0,02	0,59	1,27	0,79
	MW	0,036	0,02	0,56	1,24	0,81
	GW	0,036	0,02	0,56	1,24	0,81
	WF	0,042	0,03	0,71	1,39	0,72
	ICB	0,040	0,03	0,75	1,43	0,70
	GC	0,041	0,03	0,73	1,41	0,71
	PIR	0,025	0,02	0,80	1,48	0,68
	PF	0,021	0,02	0,95	1,63	0,61
	Mortor	0,10	0,06	0,60	1,28	0,78

Els espessors per a una transmitància límit de  $0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$  en aquesta tipologia constructiva és mouen entre els 20 i 30mm. En el cas del mortor aïllant l'espessor és de 60mm.



ZONA CLIMÀTICA C	AÏLLANTS PER REHABILITACIÓ SATE					
Ulim Façana	Material	$\lambda$	e mín necessari	Ra	RT	U
0,73	EPS	0,037	0,03	0,81	1,49	0,67
	EPS-G	0,032	0,03	0,94	1,62	0,62
	XPS	0,034	0,03	0,88	1,56	0,64
	MW	0,036	0,03	0,83	1,51	0,66
	GW	0,036	0,03	0,83	1,51	0,66
	WF	0,042	0,03	0,71	1,39	0,72
	ICB	0,040	0,03	0,75	1,43	0,70
	GC	0,041	0,03	0,73	1,41	0,71
	PIR	0,025	0,02	0,80	1,48	0,68
	PF	0,021	0,02	0,95	1,63	0,61
	Morter	0,10	0,07	0,70	1,38	0,72

Els espessors mínims necessaris per una transmitància de 0,73 W/m<sup>2</sup>K es segueixen movent entre els 20 i 30mm com en la zona climàtica B. El morter aïllant puja el seu espessor a 70 mm.

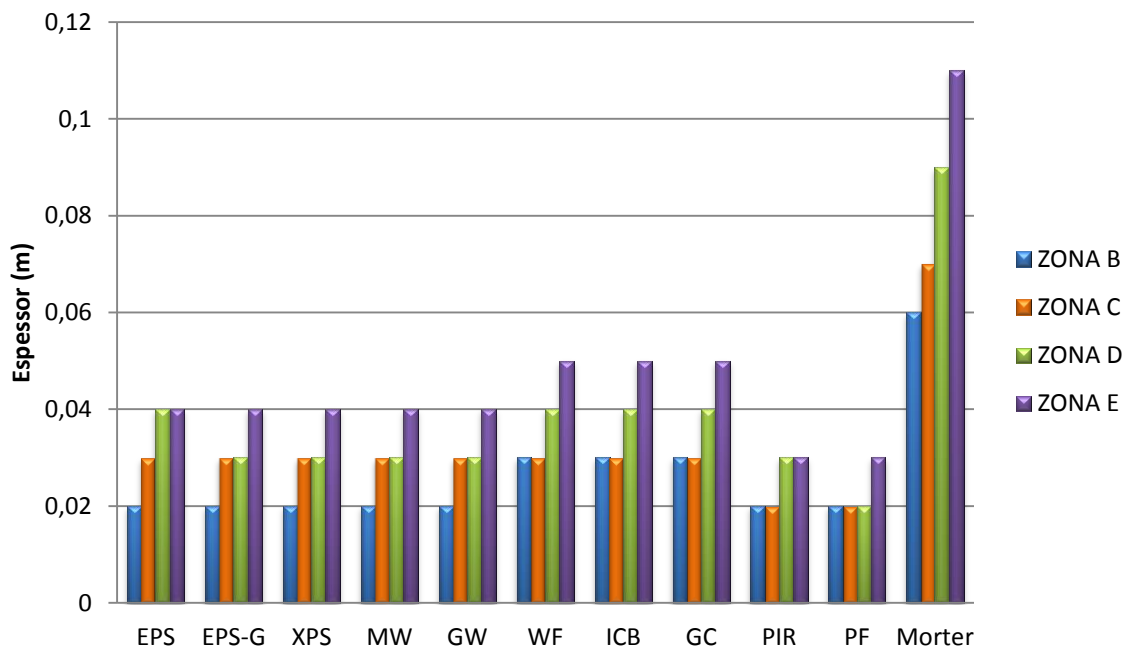
ZONA CLIMÀTICA D	AÏLLANTS PER REHABILITACIÓ SATE					
Ulim Façana	Material	$\lambda$	e mín necessari	Ra	RT	U
0,66	EPS	0,037	0,04	1,08	1,76	0,57
	EPS-G	0,032	0,03	0,94	1,62	0,62
	XPS	0,034	0,03	0,88	1,56	0,64
	MW	0,036	0,03	0,83	1,51	0,63
	GW	0,036	0,03	0,83	1,51	0,63
	WF	0,042	0,04	0,95	1,63	0,61
	ICB	0,040	0,04	1,00	1,68	0,60
	GC	0,041	0,04	0,98	1,66	0,60
	PIR	0,025	0,03	1,20	1,88	0,53
	PF	0,021	0,02	0,95	1,63	0,61
	Morter	0,10	0,09	0,90	1,58	0,63

Els espessors per a la zona climàtica D es mouen entre els 30 i 40 mm. Amb excepció del panell d'escuma fenòlica amb 20 mm i el morter aïllant amb 90 mm

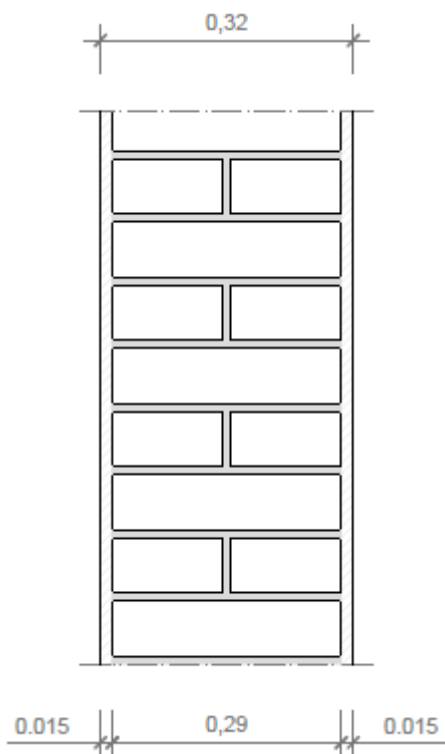
ZONA CLIMÀTICA E	AÏLLANTS PER REHABILITACIÓ SATE					
Umàx Façana	Material	$\lambda$	e mín necessari	Ra	RT	U
0,57	EPS	0,037	0,04	1,08	1,76	0,57
	EPS-G	0,032	0,04	1,25	1,93	0,52
	XPS	0,034	0,04	1,18	1,86	0,54
	MW	0,036	0,04	1,11	1,79	0,56
	GW	0,036	0,04	1,11	1,79	0,56
	WF	0,042	0,05	1,19	1,87	0,53
	ICB	0,040	0,05	1,25	1,93	0,52
	GC	0,041	0,05	1,22	1,90	0,53
	PIR	0,025	0,03	1,20	1,88	0,53
	PF	0,021	0,03	1,43	2,11	0,47
	Morter	0,10	0,11	1,10	1,78	0,56

En la zona climàtica E trobem valors de espessors dels materials de 30, 40 i 50 mm. El gruix al que tindríem que arribar per a complir la transmitància màxima amb el morter aïllant no el contempla el fabricant.

**Gràfic d'espessors dels materials per a tipologia 2**



## TIPOLOGIA CONSTRUCTIVA 3



RESISTENCIA I TRANSMITÀNCIA DE LA FAÇANA			
Components	$\lambda$	e	R
Acabat de morter	1	0,015	0,015
Paret de maó calat	0,567	0,29	0,51
Enguixat	0,57	0,015	0,03
Rsi+Rse			0,17
		<b>RT</b>	0,73
		<b>U</b>	1,37

ZONA CLIMÀTICA B	AÏLLANTS PER REHABILITACIÓ SATE					
Ulim Façana	Material	$\lambda$	e mín necessari	Ra	RT	U
0,82	EPS	0,037	0,02	0,54	1,27	0,78
	EPS-G	0,032	0,02	0,63	1,36	0,74
	XPS	0,034	0,02	0,59	1,32	0,76
	MW	0,036	0,02	0,56	1,29	0,78
	GW	0,036	0,02	0,56	1,29	0,78
	WF	0,042	0,03	0,71	1,44	0,69
	ICB	0,040	0,02	0,50	1,23	0,81
	GC	0,041	0,03	0,73	1,46	0,68
	PIR	0,025	0,02	0,80	1,53	0,65
	PF	0,021	0,02	0,95	1,68	0,59
	Mortor	0,10	0,06	0,60	1,33	0,75

Amb aquesta tipologia constructiva amb espessors de panells de 20 mm en la gran majoria dels materials aïllants compliríem la transmitància màxima, menys el panell de WF i el GC que necessiten un espessor de 30 mm. I com venim veient des de les altres tipologies constructives el morter aïllant amb 60 mm d'espessor.

ZONA CLIMÀTICA C	AÏLLANTS PER REHABILITACIÓ SATE					
Ulim Façana	Material	$\lambda$	e mín necessari	Ra	RT	U
0,73	EPS	0,037	0,03	0,81	1,54	0,65
	EPS-G	0,032	0,03	0,94	1,67	0,60
	XPS	0,034	0,03	0,88	1,61	0,62
	MW	0,036	0,03	0,83	1,56	0,64
	GW	0,036	0,03	0,83	1,56	0,64
	WF	0,042	0,03	0,71	1,44	0,69
	ICB	0,040	0,03	0,75	1,48	0,68
	GC	0,041	0,03	0,73	1,46	0,68
	PIR	0,025	0,02	0,80	1,53	0,65
	PF	0,021	0,02	0,95	1,68	0,60
	Morter	0,10	0,08	0,80	1,53	0,65

Els espessors necessaris per una transmissió de  $0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$  es mouen entre els 20 – 30 mm. L'espessor del morter aïllant puja a 80 mm.

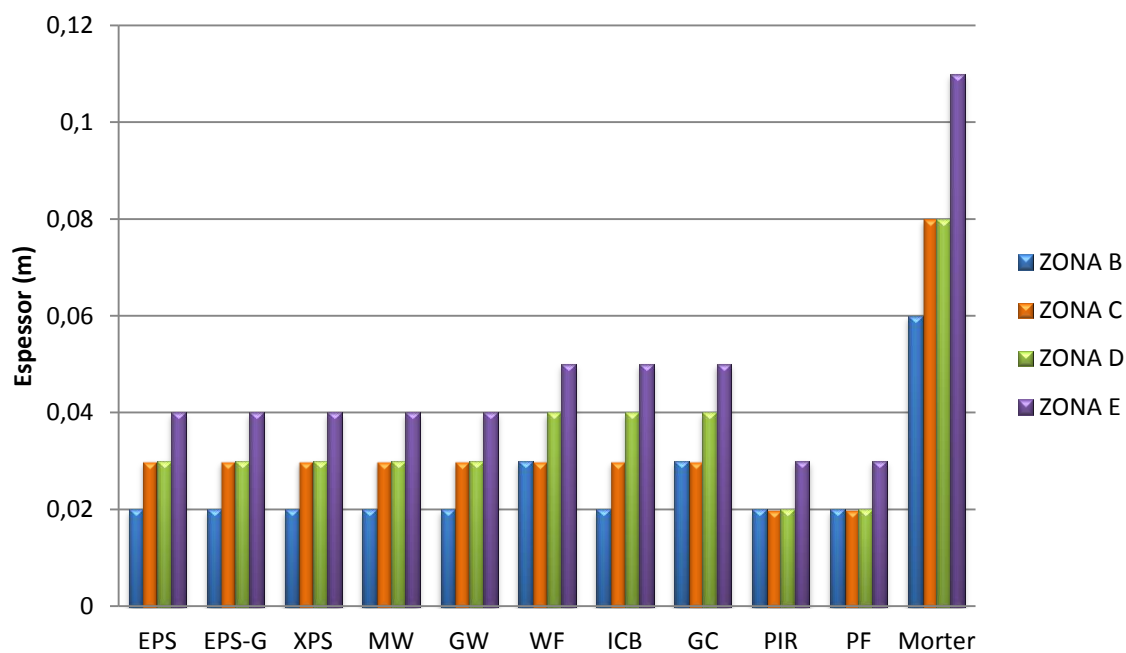
ZONA CLIMÀTICA D	AÏLLANTS PER REHABILITACIÓ SATE					
Ulim Façana	Material	$\lambda$	e mín necessari	Ra	RT	U
0,66	EPS	0,037	0,03	0,81	1,54	0,65
	EPS-G	0,032	0,03	0,94	1,67	0,60
	XPS	0,034	0,03	0,88	1,61	0,62
	MW	0,036	0,03	0,83	1,56	0,64
	GW	0,036	0,03	0,83	1,56	0,64
	WF	0,042	0,04	0,95	1,68	0,60
	ICB	0,040	0,04	1,00	1,73	0,59
	GC	0,041	0,04	0,98	1,71	0,58
	PIR	0,025	0,02	0,80	1,53	0,65
	PF	0,021	0,02	0,95	1,68	0,60
	Morter	0,10	0,08	0,80	1,53	0,65

Els espessors per a la zona climàtica D es mouen entre els 30 i 40 mm. Amb excepció dels panells d'escuma fenòlica i poliisocianurat amb 20 mm. El morter aïllant segueix complint amb un espessor de 80 mm.

ZONA CLIMÀTICA E	AÏLLANTS PER REHABILITACIÓ SATE					
Ulim Façana	Material	$\lambda$	e mín necessari	Ra	RT	U
0,57	EPS	0,037	0,04	1,08	1,81	0,55
	EPS-G	0,032	0,04	1,25	1,98	0,51
	XPS	0,034	0,04	1,18	1,91	0,52
	MW	0,036	0,04	1,11	1,84	0,54
	GW	0,036	0,04	1,11	1,84	0,54
	WF	0,042	0,05	1,19	1,92	0,52
	ICB	0,040	0,05	1,25	1,98	0,51
	GC	0,041	0,05	1,22	1,95	0,51
	PIR	0,025	0,03	1,20	1,93	0,52
	PF	0,021	0,03	1,43	2,16	0,46
	Morter	0,10	0,11	1,10	1,83	0,55

En la zona climàtica E trobem valors de espessors dels materials de 30, 40 i 50 mm. El gruix al que tindriem que arribar per a complir la transmitància màxima amb el morter aïllant no el contempla el fabricant.

**Gràfic d'espessors dels materials per a la tipologia 3**



Com es pot observar en general, el CTE no exigeix complir unes transmitàncies difícils d'aconseguir en les rehabilitacions d'edificis. Els espessors que es necessiten són els més baixos que els fabricants ofereixen com a panells d'aïllament. A partir d'aquí si volem aportar una millora més significativa en l'aïllament del nostre habitatge, es poden col·locar panells de més gruix.

En canvi el CTE en edificis d'execució d'obra nova, exigeix complir unes transmitàncies tèrmiques molt més estrictes on els gruixos d'aïllament que necessitaríem serien considerablement més grans que en rehabilitació.

	B	C	D	E
Transmitància màx. Rehabilitació	0,82	0,73	0,66	0,57
Transmitància màx. Obra nova	0,38	0,29	0,27	0,25

**Taula 5.** *Transmitàncies de murs de façana i tancaments amb contacte a l'exterior*

## 6. INTERVENCIONS AMB SISTEMES SATE I PROPOSTES D'ENQUESTES

### 6.1 EDIFICIS REHABILITATS AMB SATE

Amb l'objectiu de veure quina és l'evolució i els tipus de lesions que poden aparèixer en les façanes rehabilitades amb SATE al llarg del temps, ens vam a posar en contacte amb ADIGSA, empresa pública que ha portat a terme rehabilitacions SATE arreu de Catalunya, per a que ens facilitessin la ubicació d'alguns dels barris intervinguts amb aquests sistemes i així poder anar a veure quin és el seu estat actual.

Els barris que vaig visitar per veure l'estat de les seves façanes són: la Guineueta, Verdum i la Pau.

Els barris de la Guineueta i el Verdum estan ubicats a al districte de Nou barris i entre els anys 1989 – 2001 van ser rehabilitats mitjançant sistemes SATE gran part dels seus edificis.

#### 6.1.1 La Guineueta

Plànol illa 1 i 2 d'edificis rehabilitats amb SATE



Figura 6.1 Plànol illa 1 i 2 Guineueta. Font: ADIGSA

ANY INTERVENCIÓ			
	Novembre '89		Febrer '00
	Maig '95		Maig '00
	Novembre '98		Octubre '00
	Setembre '98		Octubre '01
	Maig '99		

Els sistemes SATE amb els que es van rehabilitar tots aquests edificis estan realitzats amb EPS.

### **Fotografies de façanes**

Edifici tipologia Y. Any rehabilitació: 1989



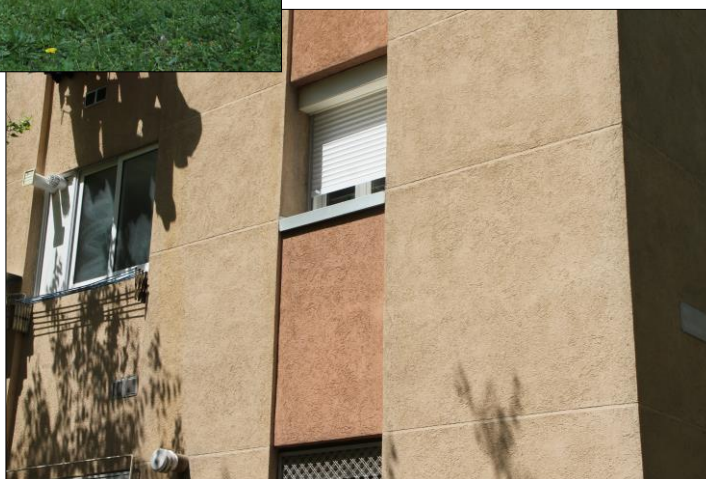
Tal i com es pot observar a les fotografies, la façana d'aquest edifici no presenta cap tipus de lesió que es pugui apreciar a simple vista. L'únic que s'aprecia és la brutícia que acumula la façana degut a que l'edifici està situat en una avinguda amb bastanta confluència de cotxes



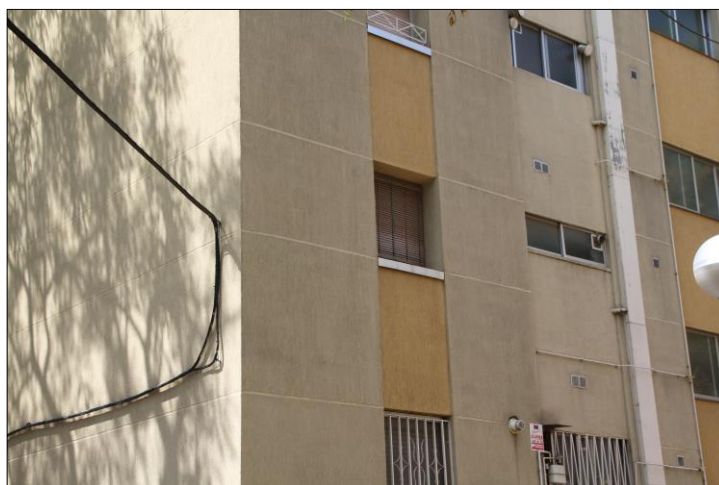
Edifici tipologia L4-4. Any rehabilitació 1998



Edifici sense cap mena de lesió a simple vista ni en cantonades ni en arrencada del sistema.



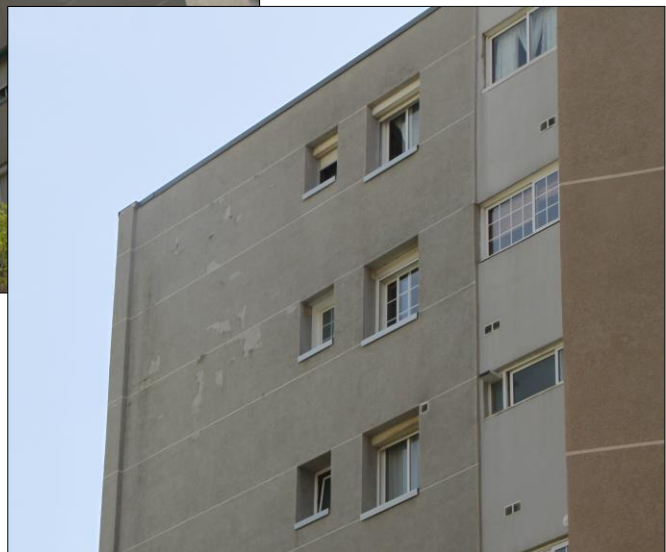
Edifici tipologia L4-4. Any rehabilitació Maig 1999



No s'observa cap tipus de lesió en façana. Com en les fotografies del primer edifici, el que s'aprecia és la brutícia de la façana .



Edifici tipologia U-9. Any rehabilitació 2000



En aquest edifici es pot observar com a les últimes plantes s'han produït escrostonaments en el revestiment.

### 6.1.2 Verдум

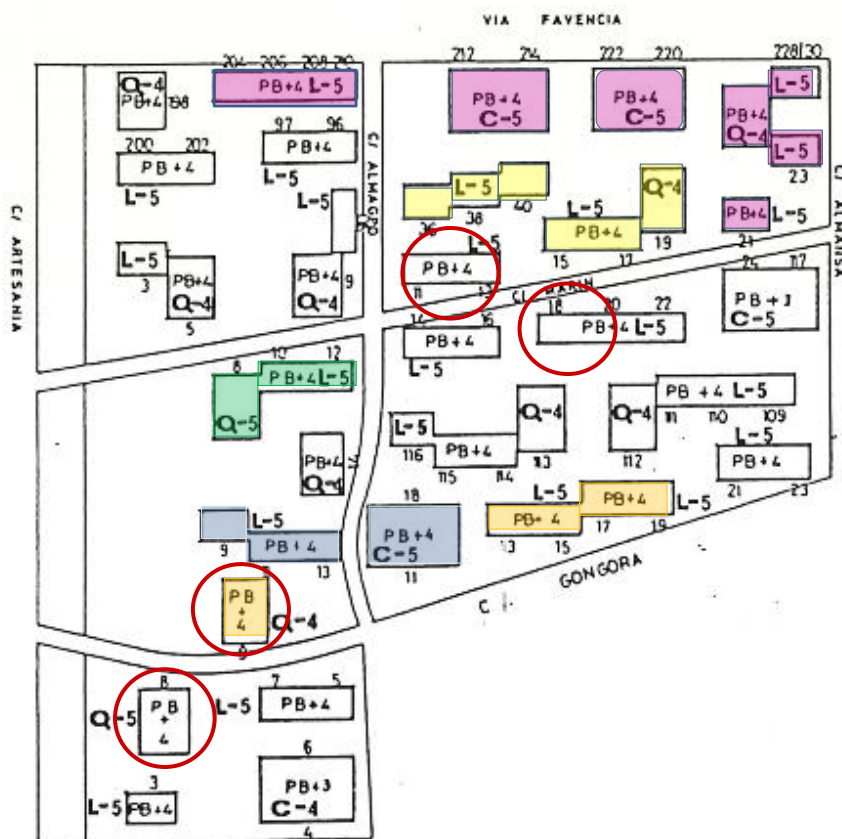
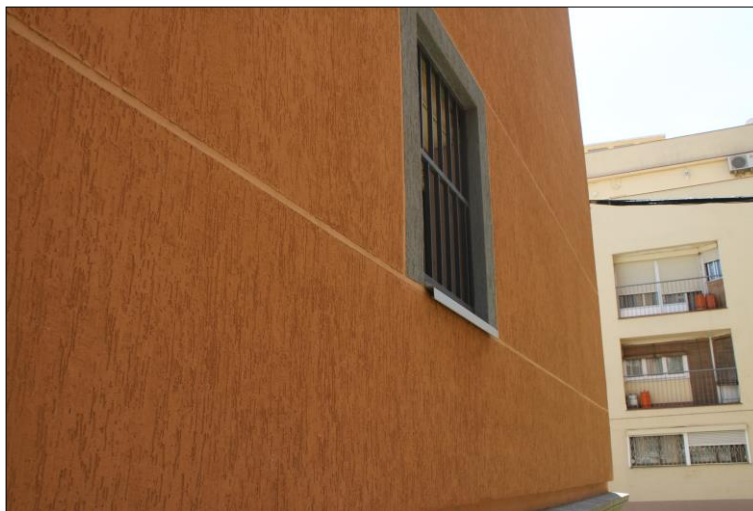


Fig. 6.1.2 Plànol Verдум. Font: ADIGSA

ANY INTERVENCIÓ			
	Octubre '92		Maig '00
	Maig '93		Octubre '02
	Octubre '00		

Edifici Tipologia Q-5



No s'observen cap tipus de lesions



Edifici tipologia Q-4. Any de rehabilitació Octubre 2002

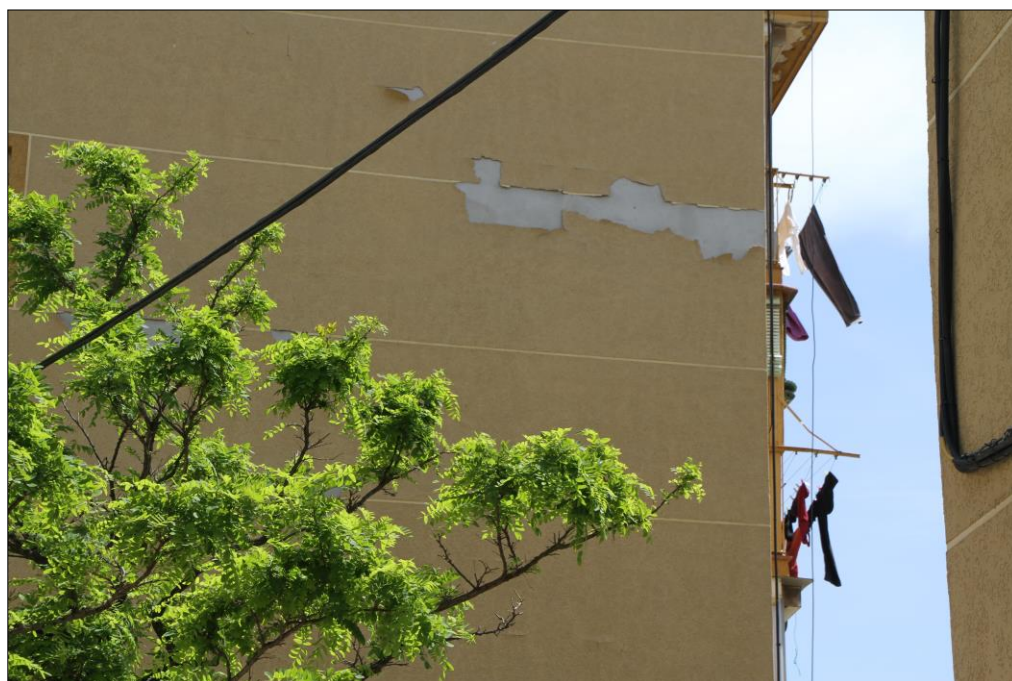


No s'observa en tot el pla de façana lesions amb excepció d'aquest petit despreniment en la cantonada on arrenca el sistema.

Edificis tipologia L- 5







Les lesions que s'observen en els dos últims edificis són el despreniment de la capa d'acabat que dona la textura a la façana.



### 6.1.3 La Pau

El barri de La Pau es troba situat al districte de Sant Martí i entre els anys 1990 i 1998 aproximadament, es van dur a terme rehabilitacions amb sistemes SATE

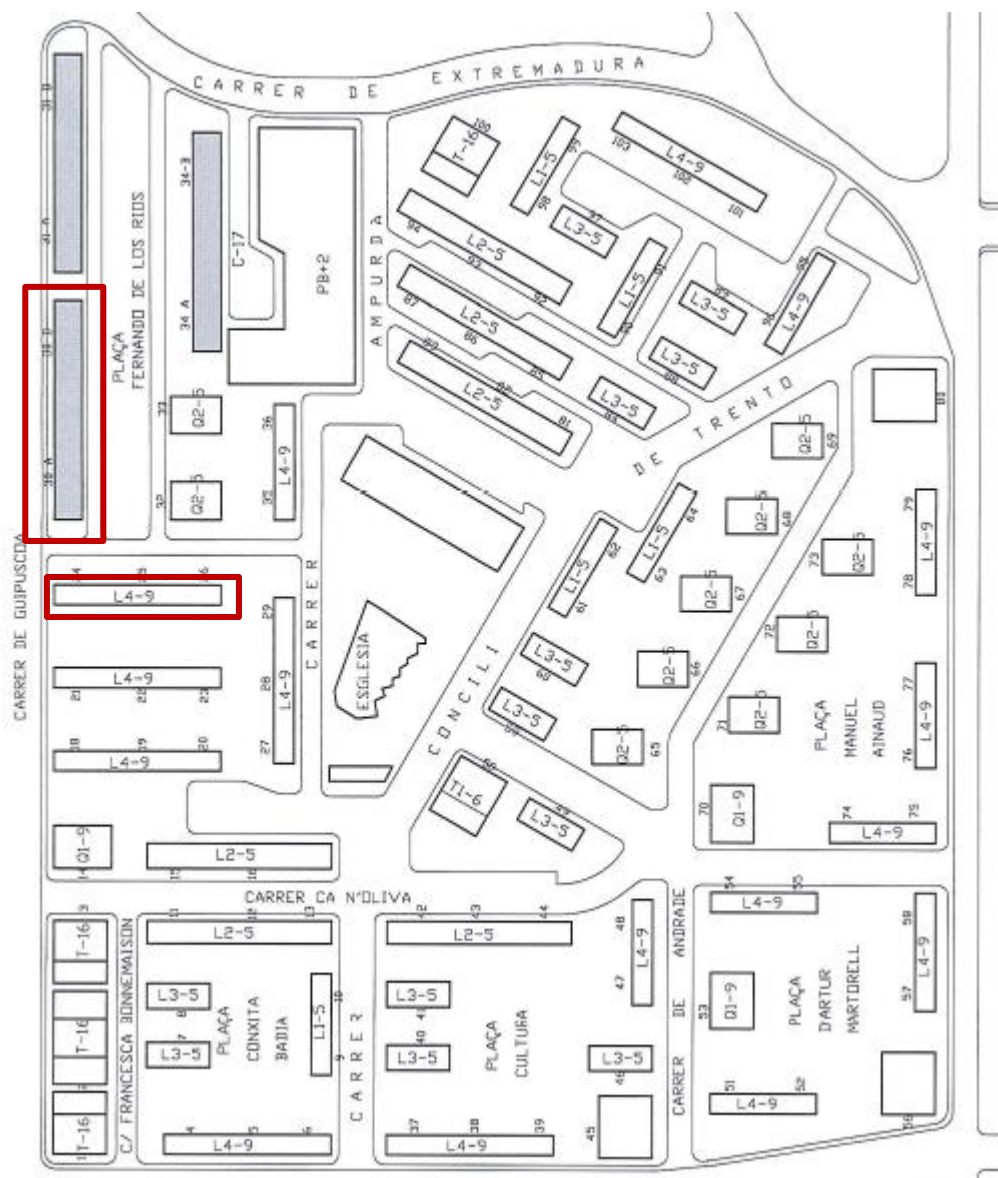


Fig. 6.1.3. Plànol La Pau. Font: ADIGSA

Edifici 36A



En aquest edifici es pot apreciar una decoloració desigual del revestiment.



Edifici tipologia L4 - 9

En aquest edifici a banda de la brutícia acumulada en la seva façana, es poden apreciar molt bé unes línies horitzontals equidistants entre elles que fan pensar que són les marques dels panells aïllants, o en el seu defecte que aquest SATE està realitzat amb perfils horitzontals en tot el pla de façana i les línies que s'observen són les marques dels perfils.

Un cop visitat aquests 3 barris i havent observat amb atenció les façanes podria dir que el sistemes SATE al cap de 26 anys es mantenen en unes bones condicions, amb els problemes usuls de brutícia i d'algun escrostonament com pot tenir qualsevol altre tipus de revestiment en una façana típica sense aïllament per l'exterior.

## **6.2 EDIFICIS ACTUALMENT REHABILITATS AMB SATE**

Després d'haver fet un recorregut per alguns barris de Barcelona estudiant quina ha sigut l'evolució amb al pas del temps els edificis rehabilitats amb SATE ja fa més de dues dècades, vaig visitar a Tarragona dos edificis que han estat rehabilitats actualment amb SATE.

Els dos edificis es troben situats en les illes del voltant de la presó.

### Edifici 1

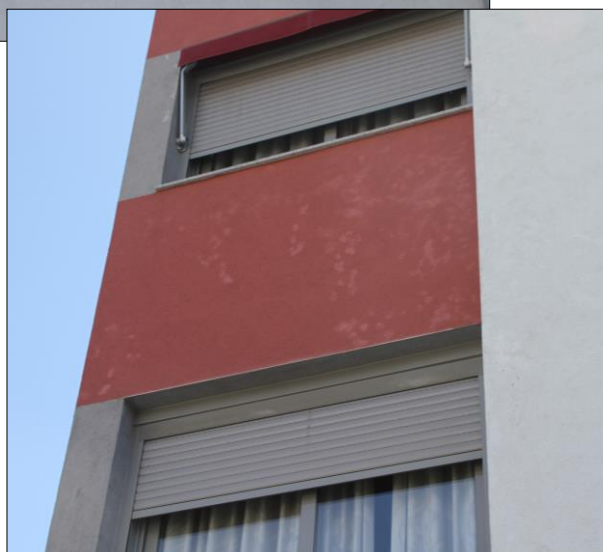




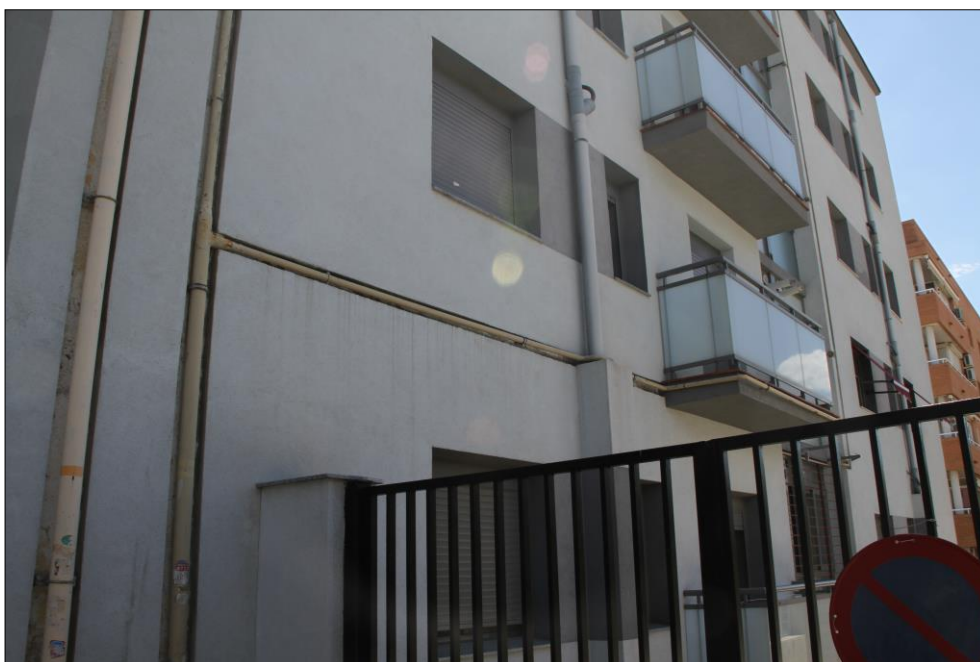
Es pot observar que els primers blocs de tot el conjunt tenen les instal·lacions ben canalitzades per l'exterior de façana mitjançant conductes que estan ancorats a façana, però tal i com s'observa en aquestes dues fotos, en un dels blocs que fa cantonada les instal·lacions no s'han conduït per cap conducte que les protegeixi i estan penjades de manera que poden suposar un perill per els veïns. En la foto de més de la dreta s'observa com han tallat el panell aïllant per fer passar la instal·lació de gas.



## Edifici 2



En aquest edifici es poden observar aquests punts de decoloració puntuals en el revestiment que podrien ser deguts a que al poc temps de l'aplicació d'aquest els treballadors s'hagin recolzat sobre el parament per dur a terme alguna tasca.



Execució de l'adaptació d'instal·lacions a una façana rehabilitada amb SATE errònia. No hi ha continuïtat de plaques degut a que les instal·lacions no s'han tractat quan s'ha executat el SATE, i en tota la façana per on discorren es produeixen ponts tèrmics.

### 6.3 REHABILITACIÓ D'EDIFICI AMB SATE

En la mateixa zona de Tarragona on estan situats els edificis anteriors, s'està portant a terme una rehabilitació amb SATE. Els edificis a rehabilitar són d'obra vista PB+5PP i se'ls està aplicant un sistema SATE amb panells de EPS de 60 mm de gruix amb un acabat de revestiment acrílic.

En la posta en obra del sistema, no estan duent a terme l'aïllament ni dels brancals de finestra ni la part de l'ampit.

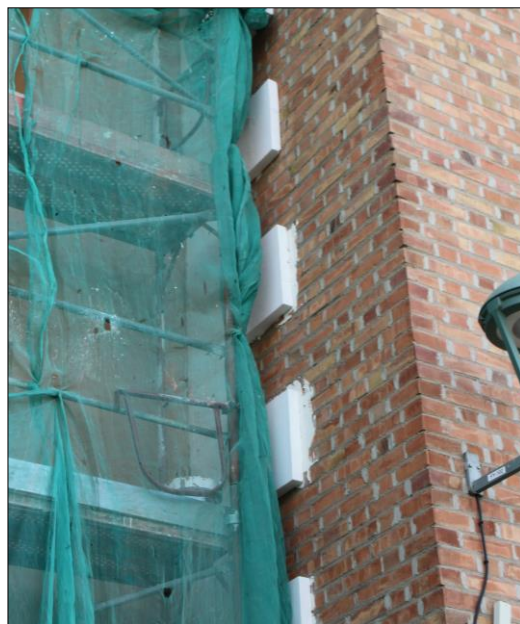


En la foto de l'esquerra es pot observar la incorrecta instal·lació dels panells aïllants en la cantonada. No segueixen la col·locació a trencajunts.

L'encarregat d'obra m'explica que s'ha finalitzat d'aquesta manera per que han de realitzar tota la part de façanes que conformen la part posterior del conjunt de blocs, que és la que es trobava en més mal estat, a causa d'humitats i no saben quan continuarà la rehabilitació per la façana principal.



Col·locació del perfil d'arrencada i dels panells aïllants a trencajunts.



### Col·locació de malla de reforç i perfils de protecció en obertures



Tal i com mostren les fotografies, han procedit primerament a la col·locació de la malla de reforç per després col·locar els perfils de protecció.

Totes les guies de posta en obra que he consultat de fabricants per desenvolupar la part de muntatge d'un SATE, realitzen primerament el reforç de cantonades d'obertura i després apliquen la malla de reforç. Aquest ordre en l'execució de la col·locació de la malla, es realitza d'aquesta manera per a que la malla del perfil, al ser un tros molt petit, quedi embeguda sobre la primera estesa de morter base.

## 6.4 PROPOSTA D'ENQUESTES

Les enquestes que es faciliten a continuació s'han realitzat de cara a futures investigacions del sistema SATE. El que es proposa són tres tipologies d'enquestes que tracten diferents temes dels sistemes SATE, dirigides cada una a diferents especialistes del sector, amb l'objectiu d'aprofundir més en temes concrets de materials i posta en obra.

Enquesta dirigida a fabricants de sistemes SATE:

### TÈCNIQUES

1. Sostenibilitat del producte (Perfils/Aïllant/Morters)
  - a. El producte conté material reciclat? En quin percentatge?
  - b. Quants kg de material necessitem per m<sup>2</sup> de SATE?
  - c. Gestió de residus tant de mermes com de deconstrucció. Se'ls torna a donar algun ús?
2. Durabilitat del material (vida útil) (Perfils/Aïllant/Morters)
3. Quin material aïllant s'utilitza per realitzar el sòcol? Quines propietats se li exigeixen?
4. Compatibilitat de morters base amb l'aïllant. Els morters escollits per a la realització del SATE depenen del material aïllant utilitzat?
5. Dimensions de les peces? Modelatge? Es poden tallar? És recomanable?
6. Quina tipologia de panell s'utilitza per fer un SATE en façanes amb superfícies corbes?
7. Quin és el tipus de manteniment d'una façana amb SATE?
8. Hi ha alguna alçada màxima especificada on no es recomani la utilització del sistema SATE? I zona eòlica?
9. La utilització de revestiments amb plaquetes quins avantatges o inconvenients presenta?
10. Quin és el material del conjunt del SATE que condiciona més la seva degradació?
11. Quin tipus de degradació pateix el material exposat a la intempèrie? (canvi de color, enduriment, augment de la fragilitat, esquerdes degudes a moviments de dilatació, s'embruta?)

Enquesta dirigida a instal·ladors:

### POSTA EN OBRA

1. Quin és el rang d'espessors adequats al sistema?
2. Depenent del material aïllant escollit i el parament on s'ha d'aplicar, quina és la distribució d'ancoratges que s'han de disposar i la distància entre ells?
3. En què difereix el posicionament dels ancoratges en les plaques? (distribucions en T o W)
4. Com gestioneu el tema de residus del SATE en obra? Quin és el percentatge de mermes dels diferents materials que componen el SATE?
5. Si la façana a aïllar té un revestiment de morter és necessari eliminar-lo abans de començar amb la instal·lació del SATE?
6. En cas d'haver de fer una rehabilitació en façana d'obra vista requereix realitzar algun tipus d'arrebossat per aconseguir la planeïtat continua del parament?

7. En edifici entre mitgeres, quin és l'espessor màxim que podem arribar a posar? Com es soluciona la cantonada que sobresurt?
8. El fet d'augmentar la volada del pla de façana, està regulat per alguna normativa? Depèn dels ajuntaments? Del tipus d'edifici? De l'amplària del carrer?
9. Com es resolen les instal·lacions que van per façanes com poden ser baixants d'aigua o cablejat elèctric? Es recomana deixar-les ocultes darrera els panells amb els seus corresponents registres o s'ha d'adequar la instal·lació a l'exterior?
10. Com es resol l'aïllament entre els brancals de les portes i les finestres? (Gruix de la placa /resistivitat envers el parament principal)
11. Els trencaigües s'han de treure per poder fer la instal·lació dels panells correctament?
12. Quin és el "referent" que es fa servir a l'hora de decidir l'altura del perfil d'arrencada del sistema?
13. El material aïllant del sòcol del sistema va directament en contacte amb el sòl o porta alguna protecció?
14. Lesions més recurrents en aquestes solucions per a façanes
15. Cal una autorització de l'arquitecte original de l'edifici per modificar l'aspecte de la façana?

Enquesta dirigida a tècnics o experts en el sector sobre sistemes SATE:

1. Si us plau, indiqueu quin d'aquests perfils s'ajusta millor a la vostra activitat habitual
  - a. Arquitecte
  - b. Arquitecte tècnic
  - c. Constructor
  - d. Industrial
  - e. Investigador
  - f. Docent
  - g. Altres
2. Considereu que la rehabilitació energètica d'edificis és un tipus d'actuació que cal promoure?
  - a. Sí
  - b. No
3. Heu rebut formació en aquests tipus de tasques professionals? En cas afirmatiu. Quina?
  - a. Sí
  - b. No
4. Heu realitzat en els darrers 5 anys alguna rehabilitació energètica amb sistema SATE?
  - a. Sí
  - b. No

5. Com us va arribar aquesta feina?

- a. Encàrrec
- b. Demanda específica
- c. Proposta vostra

6. Quin tipus d'edifici era?

- a. Equipament públic
- b. Plurifamiliar
- c. Unifamiliar
- d. Industrial
- e. Oficines

7. Quins d'aquests materials aïllants coneixes?

- a. Llana de roca
- b. Llana de vidre
- c. Poliestirè expandit
- d. Poliestirè extruït
- e. Poliuretà
- f. Perlita expandida
- g. Vidre cel·lular
- h. Fibres de fusta
- i. Suro
- j. Cànem
- k. Llana d'ovella
- l. Cotó
- m. Cel·lulosa
- n. Fibra de coco
- o. Lli
- p. Conglomerat de residus agrícoles

8. Quins has col·locat?

- a. Llana de roca
- b. Llana de vidre
- c. Poliestirè expandit
- d. Poliestirè extruït
- e. Poliuretà
- f. Perlita expandida
- g. Vidre cel·lular
- h. Fibres de fusta
- i. Suro
- j. Cànem
- k. Llana d'ovella
- l. Cotó
- m. Cel·lulosa
- n. Fibra de coco
- o. Lli
- p. Conglomerat de residus agrícoles

9. Quins et recomanen habitualment?

- a. Llana de roca
- b. Llana de vidre
- c. Poliestirè expandit
- d. Poliestirè extruït
- e. Poliuretà
- f. Perlita expandida
- g. Vidre cel·lular
- h. Fibres de fusta
- i. Suro
- j. Cànem
- k. Llana d'ovella
- l. Cotó
- m. Cel·lulosa
- n. Fibra de coco
- o. Lli
- p. Conglomerat de residus agrícoles

10. La tria d'un material aïllant o un altre per utilitzar en un sistema SATE

- a. La decideixes tu
- b. Te la recomana l'instal·lador
- c. Te la recomana un tècnic de confiança

11. Qui calcula el gruix necessari d'aïllament tenint en compte les condicions climàtiques i l'orientació de la façana?

- a. Tu mateix
- b. L'instal·lador
- c. Un tècnic o expert

12. On aniries a buscar informació comparada sobre aïllaments per a poder triar el més adequat?

13. Quina rellevància li dones als paràmetres següents a l'hora de triar un material?  
(Escala de l'1 al 5, 1 = cap / 5 = Molta)

- a. El seu origen (mineral, sintètic, natural)
- b. La seva conductivitat tèrmica
- c. El preu per m<sup>2</sup>
- d. El cost energètic de producció
- e. L'atenuació del soroll
- f. Si és reutilitzable
- g. Si és reciclable
- h. Si és o no biodegradable
- i. La seva durabilitat
- j. La seva classificació al foc
- k. Si pot contribuir en la propagació del foc per façana
- l. Si emet fums i la seva toxicitat
- m. La toxicitat per desprendiment de fibres durant la col·locació

14. Exigeixes algun tipus d'Ecoetiqueta als productes dels sistemes SATE?
- a. Sí
  - b. No
15. Et preocupa la disposició final dels materials un cop es retiren?
- a. Sí
  - b. No
16. Què és el que et dóna fiabilitat en un producte per aïllament?
- a. L'experiència acumulada
  - b. La disposició de certificats emesos pel fabricant
  - c. La disponibilitat de certificats emesos per una agència independent
  - d. L'experiència d'altres coneguts
  - e. Les recomanacions de l'instal·lador
  - f. Les garanties del fabricant
17. Quants anys creus que hauria de durar un aïllament per SATE?
18. Has tingut alguna mala experiència amb algun aïllament? La podries explicar?

## 7. CONCLUSIONS

Els sistemes SATE com he pogut comprovar durant l'elaboració d'aquest projecte, són una bona opció per a dur a terme rehabilitacions energètiques. Ara bé, són uns sistemes que si no es segueix un muntatge estricte, tot i que no implica una posta en obra complicada, poden aparèixer diferents tipus de lesions i no complirien amb les prestacions exigides.

Durant l'estudi s'ha pogut posar en coneixement els diferents tipus de materials aïllants que tenim al nostre abast per a realitzar aquests tipus d'intervencions, i penso que ha quedat reflectit en el treball que els materials més utilitzats en aquests sistemes com l'EPS o la MW, no són millors aïllants que els altres materials tal i com mostra l'estudi en referència tant a propietats com a la seva sostenibilitat e impacte ambiental. Això fa que hem qüestionem perquè són aquests els materials més utilitzats, i una de les respostes que em passa pel cap és el preu, que en el cas de l'EPS em va ser confirmat per professionals del sector, a banda de la possibilitat del desconeixement per part del client de l'existència d'altres materials aïllants, i que per aquest motiu accepten allò que els hi proposa la persona encarregada de dur a terme la rehabilitació.

Els sistemes SATE majoritàriament s'instal·len en edificis molt antics que necessiten ser rehabilitats tant estèticament com energèticament, i els propietaris sempre tendeixen a buscar allò que és més assequible econòmicament i els hi aporten les prestacions que requereixen sense reparar en què és el que hi ha darrera de la fabricació dels materials. Per aquest motiu, som els tècnics els que hauríem de donar a conèixer els beneficis d'aplicar altres materials aïllants que faciliten les mateixes prestacions i que a més a més tenen un impacte ambiental menor.

Amb les dades que he pogut obtenir d'alguns materials sobre el seu impacte ambiental, s'ha pogut verificar que els materials d'aïllament natural tendeixen a tenir un impacte menor en la seva fase de fabricació que els sintètics, i si valorem que els espessors mínims necessaris per no sobrepassar la transmissió màxima exigida en el CTE, que per a la majoria dels materials es mouen en els mateixos espessors, val la pena considerar la utilització d'un material més sostenible si compleix les prestacions requerides del lloc on s'han d'instal·lar.

Per últim m'agradaria fer una petita observació sobre la importància de saber com s'ha d'instal·lar correctament un SATE, ja que en algun moment de la meua recerca he observat que no hi ha un coneixement profund respecte a alguns punts importants de la seva posta en obra que són de vital importància per evitar futurs problemes, i que poden comportar depenent del cas unes despeses econòmiques importants.

Si es té un coneixement clar de la seva instal·lació i es segueixen els passos recomanats per els fabricants, s'ha pogut comprovar que els resultats dels sistemes SATE són molt satisfactoris tal i com mostren les imatges dels barris visitats a Barcelona després de portar instal·lats fa més de 25 anys.



## 8. BIBLIOGRAFIA

### Cites bibliogràfiques

- (1). **Estadística, Instituto Nacional de. Instituto Nacional de Estadística.** [En línea] 20 de Noviembre de 2015. [Citado el: 18 de Febrer de 2016.] <http://www.ine.es/prensa/np940.pdf>.
- (2). **WWF.** *Potencial de ahorro energético y de reducción de emisiones de CO2 del parque residencial existente en España en 2020.* 2010.
- (3). **Mestre, Anna; Rieradevall, Joan; Domènech, Xavier; Gazulla, Cristina; Bala, Alba; Tomàs, Raúl.** *Disseny i aplicació d'indicadors ambientals a la rehabilitació i cobertes realitzada per ADIGSA.* Barcelona : s.n., 2003.
- (4). **IDAE.** *Guía Sistema de Aislamiento Térmico Exterior (SATE) para la rehabilitación de la envolvente térmica de los edificios.* Madrid : IDAE, 2012.
- (5). **Rodríguez-Mora, Oscar.** *Sistema de aislamiento térmico exterior, SATE.* Madrid : AFAM.
- (6). Grupo Puma. [En línea] [Citado el: 5 de Març de 2016.] <http://www.grupopuma.com>.
- (7). **ANAPE.** ANAPE. [En línea] Asociación Nacional de Poliestireno Expandido. [Citado el: 30 de Maig de 2016.] <http://www.anape.es>.
- (8). **AIPEX.** Asociación ibérica de poliestireno extruido. [En línea] [Citado el: 30 de Maig de 2016.] <http://www.aipe.es>.
- (9). **ANDIMAT.** [En línea] [Citado el: 31 de Maig de 2016.] <http://www.andimat.es/sobre-aislamiento/>.
- (10). **AFELMA.** Aislar. [En línea] [Citado el: 30 de Maig de 2016.] <http://www.aislar.com>.
- (11). **Barnacork.** Cork shop bcn. [En línea] [Citado el: 31 de Maig de 2016.] <http://www.corkshopbcn.com>.
- (12). **Pavatex.** Ecoespai. [En línea] [Citado el: 31 de Maig de 2016.] <http://www.ecoespai.com>.

**Castro Martín, Carlos.** *Aislamiento térmico en la edificación.* Madrid : Fundación Escuela de la Edificación, 2008.

### Webs consultades

- ACAE.** [En línea] [Citado el: 29 de Març de 2016.] <http://www.acae.es>.
- Alsecco.** [En línea] [Citado el: 24 de Febrer de 2016.] <http://www.alsecco.co.uk>.
- Barnacork.** [En línea] [Citado el: 23 de Febrer de 2016.] <http://www.barnacork.com>.

**BASF.** Acrocrete Basf. [En línea] [Citado el: 20 de Febrer de 2016.] <http://www.acrocrete.basf.com>.

**BASF.** Neopor Basf. [En línea] [Citado el: 20 de Febrer de 2016.] <http://www.neopor.basf.us>.

**Baumit.** [En línea] [Citado el: 23 de Febrer de 2016.] <http://www.baumit.es>.

**CTE.** Código Técnico de la Edificación. DB HE. [En línea] Setembre de 2013. [Citado el: 7 de Abril de 2016.] <http://www.codigotecnico.org/index.php/menu-ahorro-energia>.

**CTE.** Código Técnico de la Edificación. DB SE AE. [En línea] Abril de 2009. [Citado el: 7 de Abril de 2016.] <http://www.codigotecnico.org/index.php/menu-seguridad-estructural>.

Ecohabitar. [En línea] [Citado el: 11 de Maig de 2016.] <http://www.ecohabitar.org/etiquetas-ecologicas>.

**EOTA.** ETAG 004. [En línea] 2013. [Citado el: 10 de Març de 2016.] <http://www.eota.eu/en-GB/content/archive-of-etags-used-as-ead/26/>.

**EOTA.** ETAG 014. [En línea] 2011. [Citado el: 10 de Març de 2016.] <http://www.eota.eu/en-GB/content/archive-of-etags-used-as-ead/26/>.

**Fibranatur.** [En línea] [Citado el: 25 de Febrer de 2016.] <http://www.fibranatur.com>.

**Foamlime.** [En línea] [Citado el: 29 de Febrer de 2016.] <http://www.foamlime.com>.

**Gutex.** [En línea] [Citado el: 29 de Febrer de 2016.] <http://www.gutex-espana.eu>.

**IETCC/CEPCO/AICIA.** Código Técnico de la Edificación. Catálogo de elementos constructivos. [En línea] Març de 2010. [Citado el: 6 de Abril de 2016.] [http://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/aplicaciones/nCatalog\\_infoEConstr/CAT-EC-v06.3\\_marzo\\_10.pdf](http://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/aplicaciones/nCatalog_infoEConstr/CAT-EC-v06.3_marzo_10.pdf).

**Isonat.** [En línea] [Citado el: 29 de Febrer de 2016.] <http://www.isonatespana.es>.

**Isover.** [En línea] [Citado el: 25 de Febrer de 2016.] <http://www.isover.es>.

**ITeC.** ITec. [En línea] [Citado el: 4 de Març de 2016.] <http://www.itec.cat/>.

**Kingspan.** [En línea] [Citado el: 2 de Març de 2016.] <http://www.kingspaninsulation.eu>.

**Mapei.** [En línea] [Citado el: 24 de Febrer de 2016.] <http://www.mapei.com>.

**Mena, Javier de.** Mimbrea. [En línea] [Citado el: 19 de Maig de 2016.] <http://www.mimbrea.com>.

**Montó.** [En línea] [Citado el: 24 de Febrer de 2016.] <http://www.montofachadas.webenpruebas.net/>.

**Natureplus.** [En línea] [Citado el: 12 de Abril de 2016.] <http://www.natureplus-database.org>.

**Parex.** [En línea] [Citado el: 29 de Febrer de 2016.] <http://www.parex.es>.

**Propamsa.** [En línea] [Citado el: 25 de Febrer de 2016.] <http://www.propamsa.es>.

**Revco.** [En línea] [Citado el: 2 de Març de 2016.] <http://www.revco.es>.

**Revetón.** [En línea] [Citado el: 25 de Febrer de 2016.] <http://www.reveton.com>.

**Rockwool.** [En línea] [Citado el: 23 de Febrer de 2016.] <http://www.rockwool.es>.

**SecilArgamassas.** [En línea] [Citado el: 3 de Març de 2016.] <http://www.secilargamassas.pt>.

**Sociedad pública de gestión ambiental Ihobe.** Etiquetado ambiental del producto. Guía de criterios ambientales para la mejora del producto. [En línea] 2011. [Citado el: 7 de Març de 2016.] <http://www.ihobe.net/>.

**Steico.** [En línea] [Citado el: 3 de Març de 2016.] <http://www.steico.com>.

**Thermocal.** [En línea] [Citado el: 26 de Febrer de 2016.] <http://www.thermocal.es>.

**Ursa.** [En línea] [Citado el: 26 de Febrer de 2016.] <http://www.ursa.es>.

**Weber.** [En línea] [Citado el: 3 de Març de 2016.] <http://www.weber.es>.

### **Programari consultat**

**CYPE Ingenieros.** [Programa] 2016.

## **9. AGRAÏMENTS**

En primer lloc voldria donar les gràcies a les meves tutores Montserrat Bosch, Ana Lacasta i Mariana Palumbo, per la seva atenció, ajuda i recomanacions durant tota la fase del desenvolupament del treball.

Agrair al Sr. Josep Linares, la Sra. Anna Mestre i la Sra. Esther Cervera, la seva atenció i haver dedicat part del seu temps en facilitar-me informació sobre els SATE que ADIGSA va rehabilitar fa més de dues dècades.

Y finalment no voldria acabar, sense agrair a la meva família la paciència i el suport que m'han donat durant tot el transcurs del meu aprenentatge a l'EPSEB, especialment al meu germà que sempre ha estat ajudant-me en tot el que ha estat al seu abast.

**ARCHITECTURAL TECHNOLOGY AND BUILDING**  
**FINAL DEGREE PROJECT**

**ETICS SYSTEMS**

**ABSTRACT**

This piece of work is focused on the execution of a methodologic study of the ETICS systems, and more specifically, the analysis of the insulation materials that form it.

It is structured in five sections developed from information and studies made.

In the first section, we find the causes of the present building stock and the possible interventions in order to carry out an energetic rehabilitation, putting more emphasis in the ETICS systems, which are the ones we are dealing with here.

The second section presents, in general way, the components of the ETICS systems and how the staging is, taking into accounts the recommendations of different manufacturers.

In the third, we collect and classify information, which is obtained from the searching of the available ETICS systems in the market. In this way, it's possible to do a comparative between the insulating materials, according to their provision and sustainability. Here, we also analyse which certificates and ecolabels they have and some guiding prices of the insulations materials we can find in the market are given.

In the fourth section, dealing with a more technical field, we wanted to evaluate which thicknesses of each insulation material we need to meet with maximum thermal transmittance required by CTE in the climatic areas of Catalonia, proposing three types of constructive facades solutions.

The last one, which is the fifth section, is dedicated to the study of ETICS reaction as the time goes by and evaluation of more recent constructions.

The recommendation I make once I finish this study is based on the information and comparatives I have been doing during its development. On the one hand, I would recommend to take into account other insulation materials, apart from the ones used more frequently, as it has been proved that the provisions of more natural and sustainable materials are not so different from synthetic. On the other hand, the thicknesses between materials to fulfil the maximum thermal transmittance in Catalonia are minimal.

To finish with, I would recommend to do energetic rehabilitations with ETICS, as it has been tested that, if there is a good execution of the system, there will be good results after the years.

**GLOSSARY**

<b>CG</b>	Cellular glass
<b>CTE</b>	Technical Building Code
<b>e</b>	Thickness of material in m
<b>EPS G</b>	Expanded polystyrene with graphite
<b>EPS</b>	Expanded polystyrene
<b>ETICS</b>	External thermal insulation composite system
<b>GEI</b>	Greenhouse gas emissions
<b>GW</b>	Glass wool
<b>ICB</b>	Cork board insulation
<b>MW</b>	Mineral wool
<b>PF</b>	Phenolic foam
<b>PIR</b>	Polyisocyanurate
<b>R</b>	Thermal resistance
<b>Ra</b>	Thermal resistance of insulation material
<b>Rse</b>	Outside surface thermal resistance
<b>Rsi</b>	Inside surface thermal resistance
<b>RT</b>	Total Thermal resistance $m^2k/W$
<b>U</b>	Thermal transmittance $W/m^2K$
<b>WF</b>	Wood fibre board
<b>XPS</b>	Extruded polystyrene
<b><math>\lambda</math></b>	Coefficient of thermal conductivity $W/mk$
<b><math>\mu</math></b>	Factor of resistance to water vapour diffusion

## 1. INTRODUCTION

This project had been given birth from the proposal of making a methodologic study of ETICS systems to carry out energetic rehabilitations and see which is the tendency of this type on intervention with new materials that might be more efficient and respectful with the environment.

The interest in knowing deeply one of the different options to carry out energetic rehabilitations, together with the possibility of analysing the insulating materials used in the ETICS systems and see which is the tendency of using more efficient materials was the fact that encouraged me to contact professors Montserrat Bosch, Ana Lacasta and Mariana Palumbo, forerunners of this initiative, with the purpose of acquiring some knowledge that is really important for any technician nowadays, due to the necessity our building stock has of being energetically rehabilitated.

The objective of this project is studying the ETICS systems (External Thermal Insulation Composite Systems), analysing the elements that make it and studying in detail the insulating materials, through the offer that we find nowadays in the market.

Therefore, in order to know these systems to a great extent, the study has been structured in different sections, always related among them, where we have tried to contribute with as maximum information as possible.

In order to start all the analysis of the systems, we carried out a research that involves looking for manufacturers specialised in ETICS systems and collecting all data from their materials, either in technical specifications or catalogues, in order to classify them and be able to make comparatives among the insulating materials. Once the information is obtained and classified, it is considered interesting to carry out calculations of thermal transmittances in the three different constructive typologies, so that it is possible to compare which thicknesses of each insulating material would be necessary for the different climatic areas in Catalonia achieving the minimum that the CTE requires.

Having known the materials we can do the ETICS with and how we need to proceed with the installation, there was still a very important point to deal with, and that was to see which was the reaction after certain time. With this purpose, we contacted ADIGSA, which welcomed and facilitated me the information they have about ETICS, which they rehabilitated 25 years ago approximately and I visited some neighbourhoods in Barcelona so that I could appreciate the conditions of this rehabilitated buildings more closely. While I was developing this part, I also contacted an ETICS installer in Tarragona, who is now rehabilitating some buildings with ETICS. He told me about a couple of buildings which have been recently rehabilitated and I decided to have a look and evaluate their situation too. With these old, new and in execution ETICS, I made the comments about what I was seeing, using some pictures I took.



The last point and towards future investigations, we have developed different typologies of questionnaires addressed to manufacturers, installers and technicians or people with knowledge in this sector, with the purpose of collecting information that is not possible to find neither in the books nor in the websites, as well as deepen in topics about limitations of the system and execution, among other questions.

## **2. ENERGY REHABILITATION AND ETICS SYSTEMS**

### **2.1 PRESENT CONDITION OF THE BUILDING STOCK**

Our society is aware that non-renewable sources of energy will disappear and we should develop towards a change where the renewable energies are our first source, together with the adaptation of our buildings concerning their construction/rehabilitation, with the aim of reducing our energy consumption and the greenhouse gases emissions.

People have been struggling to get a construction which can be more sustainable and respectful with the environment. So, regulations have been published, from the NBC CT – 79 to the present CTE, which is updated every time there is a new guideline about saving energy in the European Community.

Our building stock is made out of 25 million buildings, more than a half were built more than 30 years ago. According to the last INE information, which is referred to 2013, the emissions were 63.919,2 millions of tCO<sub>2</sub>. This represents a 20,2% of the total emissions (1) and a final energy consumption of 17%, without having into account the tertiary sector buildings, according to a WWF report (2).

In the second period of commitment 2013 – 2020 with the Kioto Protocol, the European Union has agreed to reduce the greenhouse gasses emissions in 20% with regard to 1990. There have already been made some studies based on the application of thermal rehabilitations in our building stock. So, in order to get significant results towards 2020, between the 20% and the 40% of buildings existing in 2008 in the park should be rehabilitated (2).

### **2.2 THERMAL INSULATING SYSTEMS**

Making an energy rehabilitation with ETICS systems provide us with more advantages than disadvantages if we do a comparative with insulating solutions placed in air chambers or interiors. (*Table 2.2*).

With the installation of ETICS, we are able to minimize the areas where we can find thermal bridges more frequently, which appears in other insulating systems such as edges of floor slabs and facade pillars.

If we have the insulant material in the exterior of the facade, we protect all the structural and closing systems towards the external agents so that these are not affected by the hygrothermal changes. Also, the thermal inertia increases, as the insulation avoids the calorific energy to go out. Therefore, the inside layers accumulate heat, which goes inside the dwelling when its temperature is lower.

Interstitial condensations are reduced, as the layers that constitute the building envelope share a similar temperature with the interior atmosphere. Therefore, it is difficult to reach saturation pressure in any of the layers.

The fact of not having a direct interaction with the user is something to be taken into account, as the inconvenients caused are minimal, being able to be reduced to possible noises regarding the installation of the system.

Another advantage of this system is that the user of the dwelling does not lose any useful floor area and contribute to an aesthetic renewal of the facade.

	ETICS	AIR CHAMBER INSULATION	INSIDE INSULATION
Thermal inertia	HIGH	MEDIUM - LOW	LOW
Elimination of thermal bridges	YES	NO	NO
Reduction of useful floor area	NO	NO	YES
Inconvenience in their installation	NO	NO	YES
Avoid possible condensations	YES	*	*
Adaptation of installations	YES	NO	YES
Scaffolds installation	YES	YES	NO

*\*To avoid possible interstitial condensations it is important to do a hygrothermal calculation to verify that the solution adopted does not suffers from any condensation in the layers that conformed it*

**Table 2.2.** Comparative insulation systems  
Source: Own source

## 2.2 EXAMPLES OF REHABILITATION WITH ETICS SYSTEMS

During the 90s, the public business ADIGSA made some interventions around Catalonia in old buildings that needed to be rehabilitated due to different causes, and the solution chosen for these renovations was the ETICS systems. In this way, they could give the facade a new aspect, as well as reduce the energetic consumption of the buildings and the CO<sub>2</sub> emissions.

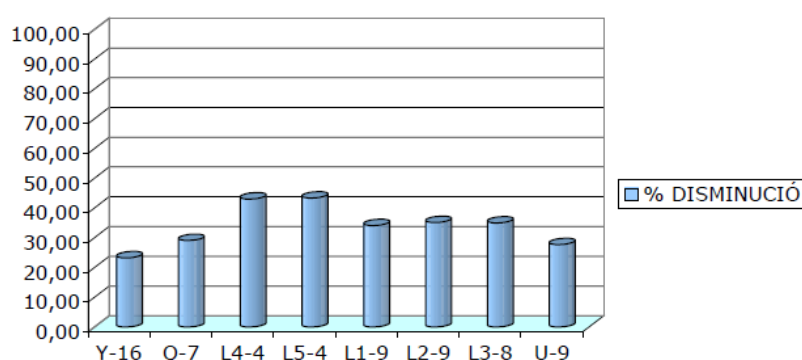
In Barcelona city, there have been made many rehabilitations in different neighbourhoods. I would like you to know about two of the ones I choose to make a study of the evolution of those facades as time goes by. Also, I would like to present some data facilitated by a study that had previously been done by ADIGSA and ELISAVA in 2003.

“La Guineueta” is a neighbourhood placed in the “Nou Barris” district, where there was a renewal of the buildings built in 1964 between 1989 and 2001, with a total of 128 rehabilitated buildings. These buildings were rehabilitated with ETICS, where the expanded polystyrene was the insulating material used, finished with acrylic painting.

Next, in order to show the results of the energy demand reduction that was achieved with the rehabilitation of the different building typologies in the neighbourhood, you can see the facade rehabilitation and flat roofs in the following data and graphics, transferred by ADIGSA and ELISAVA. (3)

TIPOLOGIA EDIFICATÒRIA	DEMANDA ENERGÈTICA D'UN EDIFICI (MJ)		% DISMINUCIÓ
	ABANS D'AÏLLAR	DESPRÉS D'AÏLLAR	
Y-16	406.391,87	311.923,58	23,25
Q-7	191.798,32	136.002,45	29,09
L4-4	63.390,23	36.123,57	43,01
L5-4	69.980,79	39.640,54	43,36
L1-9	149.808,78	98.725,88	34,10
L2-9	145.353,88	94.274,33	35,14
L3-8	138.001,81	89.717,11	34,99
U-9	274.228,41	198.223,60	27,72
TOTAL	1.438.954,09	1.004.631,06	33,83

**Table 2.3a.** Energy demand comparative. Source: ADIGSA



**Graphic 2.3a.** Energy demand reduction. Source: ADIGSA

As you can see, the information shows an improvement in the energy demand in each building typology, even though there are significant differences among them that may be due to either the orientation or the geometry of the building. So, ETICS systems together with the insulation of the flat roofs allow us to reduce the energy demand of the buildings.

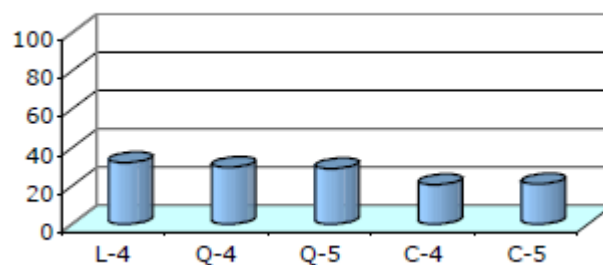
The building's typologies are recognised by the shape of the ground plant building. The Y and U define the shape of the ground plant, and the L and Q are related to the buildings with linear ground plant and squared, respectively.

Verdum is another neighbourhood situated in the “Nou Barris” district, which is next to “La Guineueta” and where there had also been made energy rehabilitations in the same period, but the buildings had been built in 1954. The interventions were made in 135 buildings, and the ETICS solution was also made with expanded polystyrene and finished with acrylic painting.

The reduction of the energy demand was the following:

TIPOLOGIA EDIFICATÒRIA	DEMANDA ENERGÈTICA D'UN EDIFICI (MJ)		% DISMINUCIÓ
	ABANS D'AÏLLAR	DESPRÉS D'AÏLLAR	
L-4	66.305,7	44.950,1	32,2
Q-4	120.733,8	84.796,6	29,8
Q-5	127.607,6	90.439,5	29,1
C-4	260.285,2	206.464,1	20,7
C-5	241.924,8	190.803,8	21,1
	816.857,2	617.454,1	26,6

**Table 2.3b.** Energy demand comparative. Source: ADIGSA



**Graphic 2.3b.** Energy demand reduction. Source: ADIGSA

In this case, the building typologies also follow the same code as in the previous one. We can also notice a significant decrease of the energy demand and, if we pay attention to both tables, Guineueta and Verdum, we can see that where there is a more important reduction is in the linear ground floor buildings.

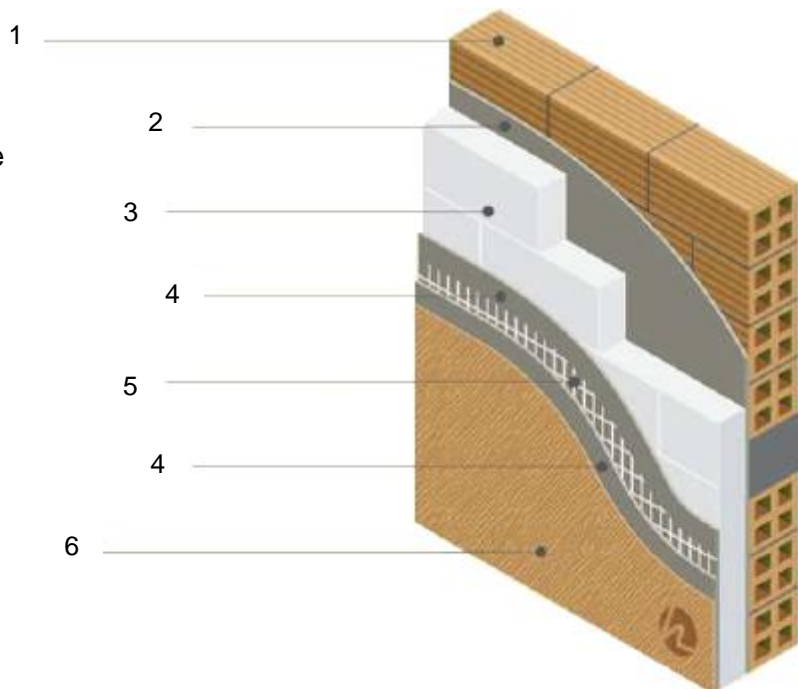
In the last section of this study we have evaluated which is the condition of the buildings rehabilitated with ETICS, mentioned in this section through an illustrated feature of the facades.

### 3. EXTERNAL THERMAL INSULATION COMPOSITE SYSTEMS

#### 3.1 DEFINITION

ETICS is known as a group of elements that work as a single one, which are installed at the outside of the facade with the purpose of insulating the dwelling thermically. These systems must offer a thermal resistance equal or higher to  $1\text{m}^2\text{K/W}$  and the maximum water absorption should be less than  $0,5\text{ kg/m}^2$

1. Support
2. Adhesive
3. Thermal insulation material
4. Base coat
5. Reinforcement glass fibre mesh
6. Finishing coats



*Fig 3.1 ETICS systems components. Source: Company Hormuk*

#### 3.2 COMPONENTS

##### 3.2.1 Adhesive

The adhesive layer works as the junction of the insulation materials and the wall where ETICS should be placed, as well as minimizing the movements the panels undergo hydrothermal changes.

The adhesives can be made of cement, polymeric or reactive resins base which, together with other additives, provide the mortar with specific properties that make difference among them. However, they should fulfil some minimum requirements:

- Water impermeability
- High water vapour permeability
- Deformability
- Fire-resistance
- Adhesion

The mortar adhesion with the support, tensile strength resistance, should be at least 0,25 N/mm and with the insulating panel, equal or higher than the point of tensile force rupture of the insulator we are going to use.

The thicknesses recommended in this layer varies between 1 and 2 cm. (4)

### **3.2.2 Insulator**

The thermal insulation has the function of giving the building a thermal comfort and, depending on the material used as insulator, we can also reach a good acoustic insulation.

The ultimate aim with the outer insulation is getting rid of forged edges, pillars and beams, avoiding condensation in the facade walls and reducing the energy consumption, which reduce the CO2 emissions at the same time.

The insulators that can be used in the ETICS systems can be classified as organic, inorganic and natural. Among the organics, we find the expanded polystyrene (EPS), the extruded polystyrene (XPS) and the phenolic foam (PF). Among the inorganics, the mineral wool (MW) and the cellular glass (CG). As natural insulators, there is the cork board insulation (ICB) and the wood fibre board (WF).

The most important characteristics we should take into account when choosing the insulating material are the following:

- Thermal conductivity:

Ability to transfer the heat. It is measured in W/mk. The lower the thermal conductivity is, the highest the insulating capacity of the material is.

- Resistance to the flow of water vapour

Ability to withstand the water steam to come in. In the case of ETICS, if the coefficient of the resistance to the water steam is low, the risk of interstitial condensation will decrease.

- Water absorption

Water absorption in a material is its tendency to take and keep liquid water. The insulating materials should have a low absorption percentage in order not to start a degradation process and, therefore, a loss of properties.

- Fire reaction

The UNE-EN 13501 – 1:2007+A1:2010 gives a classification of building materials regarding their reactions to fire, which are specified in the following table (5).

Class	Interpretation
A1	Non - combustible
A2	Non - combustible
B	As class C but satisfying more stringent requirements.
C	As class D but satisfying more stringent requirements. Additionally under the thermal attack by a single burning item they have a limited lateral spread of flame.
D	Materials capable of resisting, for a long period, a small flame attack without substantial flame spread. In addition, they are also capable of undergoing thermal attack by a single burning item with sufficiently delayed and limited heat release.
E	Materials capable of resisting, for a short period, a small flame attack without substantial flame spread.
F	Cannot be classified

**Table 3.2.2a.** Reaction fire classification

Class	Interpretation
s1	Emit a very limited amount of combustion gases
s2	Emit a limited amount of combustion gases
s3	Emit a high amount of combustion gases

**Table 3.2.2b.** Additional classes for smoke development. Source: ingenierosindustriales.com

Class	Interpretation
d0	Burning droplets or particles are not emitted
d1	Burning droplets or particles may be released in limited quantities
d2	Burning droplets or particle are emitted

**Table 3.2.2c.** Additional classes for burning droplets. Source: ingenierosindustriales.com

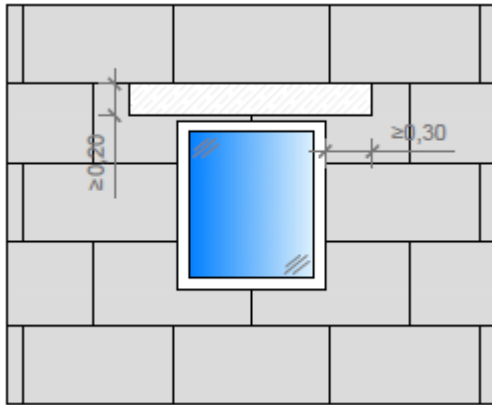
The classification regarding the fire reaction that is applied to the ETICS is established with the regulations mentioned in the previous tables, and it could be specified either in the insulator or the whole system. When there is a classification of the whole system, the variations that may appear depend on the used materials and the base coat and finishing coat.

ETICS with EPS	B s1, d0 o B s2, d0
ETICS with XPS	B s2, d0 o C s2, d0
ETICS with MW	A2 s1, d0 o A2 s2, d0

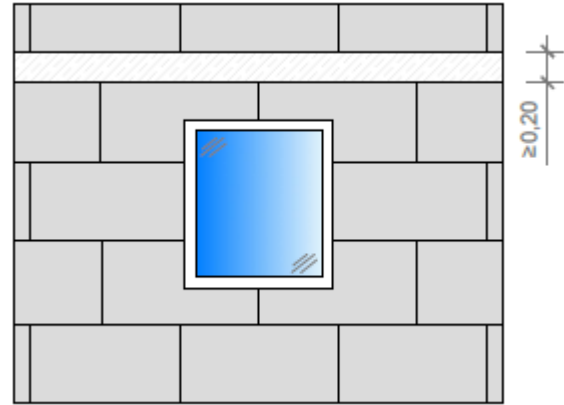
**Table 3.2.2d.** Reaction fire classification. Source: Sistema de aislamiento térmico exterior. Author: Rodríguez-Mora, Oscar

In order to reduce the fire propagation in systems where the insulating panels are not fire-resistance, we could have MW panels instead, so that they can work as a firebreak among floors.





**Fig. 3.2.2a.** Arrangement of MW panel like a lintel.  
Source: Own source



**Fig. 3.2.2b.** Arrangement of MW panel at the perimeter of building between floors.  
Source: Own source

The insulating materials used in ETICS must carry out the demanded regulations, either in their own UNE and in the ETAG 004 guide.

Below, the insulating materials UNE-EN rules are detailed:

<b>MW</b>	13162 / external insulation 13500
<b>EPS</b>	13163 / external insulation 13499
<b>XPS</b>	13164
<b>PF</b>	13166
<b>CG</b>	13167
<b>ICB</b>	13170
<b>WF</b>	13171

### **3.2.3 Base coat and reinforcement mesh**

The function of the base coat is to protect the insulating panels and be the base of the finishing coat. For the execution of the base coat, we use the same typologies of mortars than in the adhesive layers and the same features are demanded.

The reinforcement mesh is installed on the first cement render of the base coat, which needs to be embedded between the first and the second layer. Its function is to increase the tensile strength resistance of the mortar, so that the possible appearance of cracks is decreased and the impact resistance increases.

The glass fibre mesh should be resistant to alkalis and fire.

The minimum advised density is 150 g/m<sup>2</sup>. For those areas where the impact risk is higher, such as the plinths, it is recommendable to use the so called anti-vandal mesh, which are also made of glass fibre but with a density higher than 300 g/m<sup>2</sup>.

### **3.2.4 Finishing coat**

The finishing coat's aim is to protect all the ETICS system in case of external aggressions and to provide the building with the wished aesthetic finish.

The most important characteristics to be taken into account in a covering are: its impermeability, water steam permeability and resistance to degradation.

As a finishing coat, we can apply acrylic, siloxane or mineral mortars. There is a great variety of textures to choose for the finishing coat.

Furthermore, we can also make coverings with ceramic tiles and stone

### **3.3. INSTALLATION**

The ETICS systems are suitable for its application in different types of support, such as masonry walls or brick walls, concrete walls, light weight blocks and wooden supports. These could be applied on the coverings, provided that they do not show any degradation.

Before starting with the ETICS installation, we need to make sure that the support where the rehabilitation needs to take place has enough strength to support the loads that the insulating system provides and that it is in good conditions. This, implies a previous study of the flaws of the facade, such as humidity, cracks, efflorescence, and chips among others, with the aim of having solved these problems previous to the ETICS smooth running.

The planimetry of the facade to be rehabilitated is a very important issue to deal with, and it cannot be superior to 20 mm per m.

Other aspects that can be problematic when applying ETICS are the possible installations that can be seen in the facade, windows and doors, balconies, plinths and structural joints.

In reference to the installations we could find in the buildings we want rehabilitate, we could proceed in two ways, On the one hand, we can adapt them in the exterior once we have done the ETICS, having previously considered where we can place the anchorage points. In these aspects, we should arrange, while installing the insulation boards, special pieces able to support the weight and the possible vibrations of these installations.

On the other hand, we can make some tubes where the installations go through. These tubes are included in the ETICS with their corresponding registers, in case there is a need for intervention.

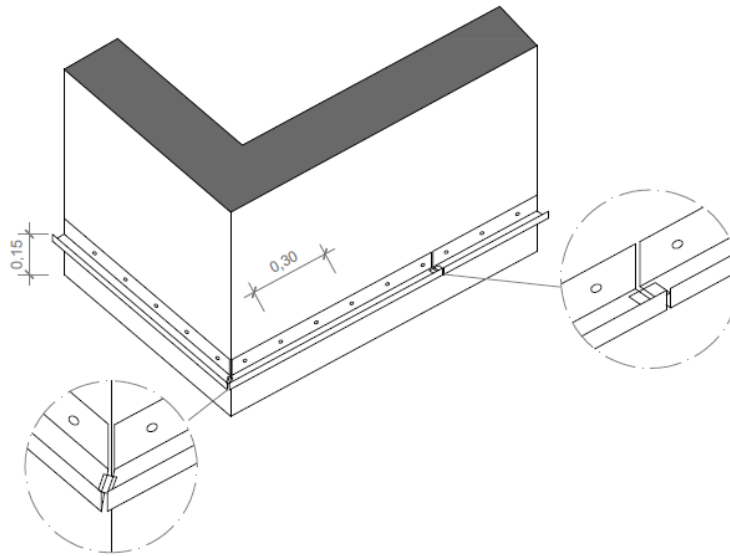
#### **3.3.1 Base profile installation**

In order to start with the ETICS application, we install the base profile at a height superior to 15 cm, and we fix it to the support with rawplug and screws every 30 cm, approximately. (Figure 3.3.1).

When we reach the edges of the profile, the fixings will not be far further than 5 cm. The different phases of the profiles need to leave a separation of 2 - 3 mm for the possible expansions, and we need to avoid that the insulation boards reach these separations.

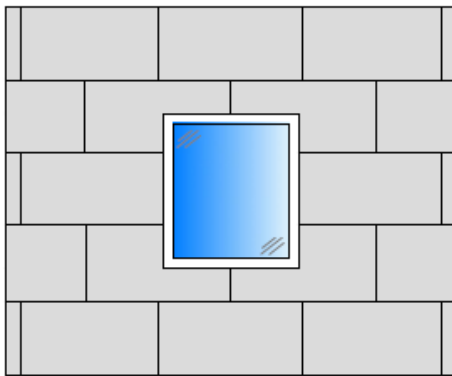
For the edges of the buildings, we count on profiles with angular finish.

**Fig. 3.3.1** Base profile detail.  
Source: Own source

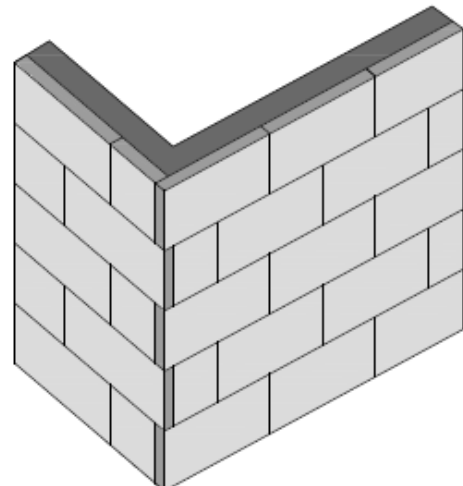


### **3.3.2 Insulation boards installation**

Once the base profile installation is finished, we proceed with the installation of the insulation staggered boards. Special attention should be paid to the installation of the boards in the openings of the facade (Figure 3.3.2a) and the edges of the buildings (Figure 3.3.2b)



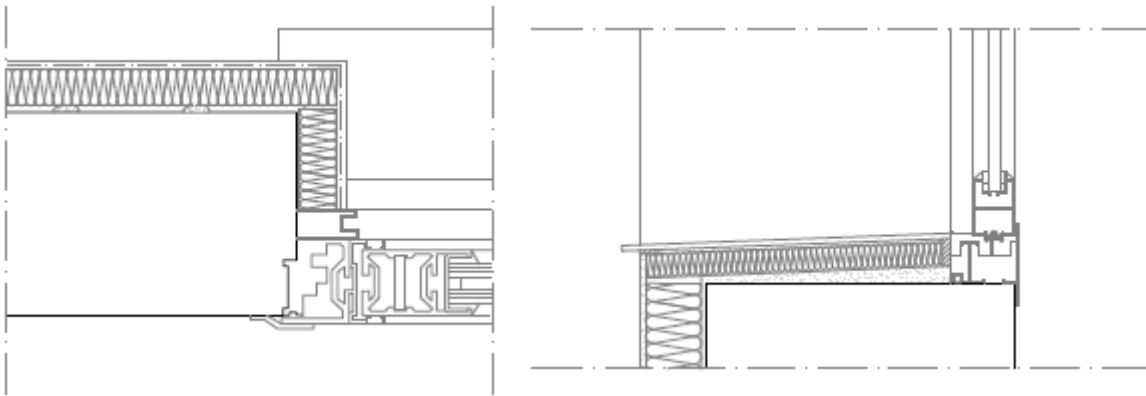
**Fig. 3.3.2a.**  
Installation of boards in facade  
openings. Source: Own source



**Fig. 3.3.2b.**  
Installation of boards in the edges  
of building. Source: Own source

The installation of the boards below the windowsill and jambs will be as it is shown in the figure 3.3.2c. We can find some examples where the window frames does not permit the installation of boards in the jambs, so we will have a thermal bridge.

The perfect solution for solving the windowsill is to install a new one, allowing us to insulate the parapet's area. In the cases where we take the decision of leaving the existing windowsill, we will need to extend it until the board is covered.



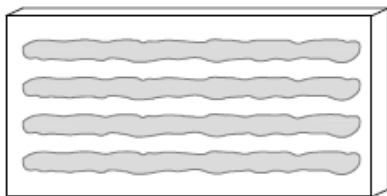
**Fig. 3.3.2c.** Left: Insulation of jambs. Right: Insulation of windowsill. Source: Own source

The leaktightness of these points is very important for avoiding water leaks and, therefore, the appearance of humidities. So, all the edges need to be sealed properly.

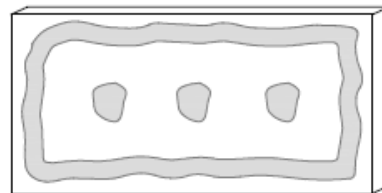
The mortar application for sealing the boards could be carried out in different ways, but always respecting that the quantity of mortar on the board covers at least 40% of its surface.

The most recommended application is the one where there is a layer applied in the whole board (Figure 3.3.2d), as all the surface is in contact with the support. This implies that, when the insulating boards suffer from tensile and compressive stress due to the temperature differences between the outer and the inside layer of the insulator, there are more difficulties to loose adhesion with the support and, as time goes by, the boards may come off.

If we focus on the rehabilitation issue, the previous option might not be the best one to consider, as the walls where the ETICS are applied tend to be more irregular than in a new building work, and we had better opt for applying the mortar in the base forming a perimeter cordon separated 5 cm from the edges, so that the material does not spread from the joints when it is laid on the wall. Also, we need to apply contact points along the board (Figure 3.2.2e), so that we have a bigger margin when adding the quantity of mortar necessary to get a great planimetry of the whole.



**Fig. 3.3.2d.** Layer of mortar applied in the whole panel surface. Source: Own source



**Fig. 3.3.2e.** Application of mortar by perimeter cordon. Source: Own source

It is possible that, at some point between the insulation boards, small joints are left because of the irregularities of the board or the wall, which can be solved with stripes of the same material used for the insulation. It is not recommendable to use any mortar for filling these joints, as thermal bridges can arise there.

### **Mechanical fixing insulation boards**

The board fixing with adhesive is not always enough, and it is highly recommendable to fix them mechanically through anchorages. According to “*Guía Sate del IDAE*” when (4):

- The support capacity is poor  $< 80$  kPa
- The weight per unity of the surface of the system is higher than  $30 \text{ kg/m}^2$
- The building is higher than 18m
- It is required by the wind charge
- The insulating boards are made of MW, WF, ICB or polyurethane formed.

When the anchors are installed, they need to be completely flush with the board, so that the result is totally smooth and there are no irregularities in the facade. If the thickness of the board permits it, there is the option of laying the anchors in the board and covering the inside part with cork of the same insulating material.



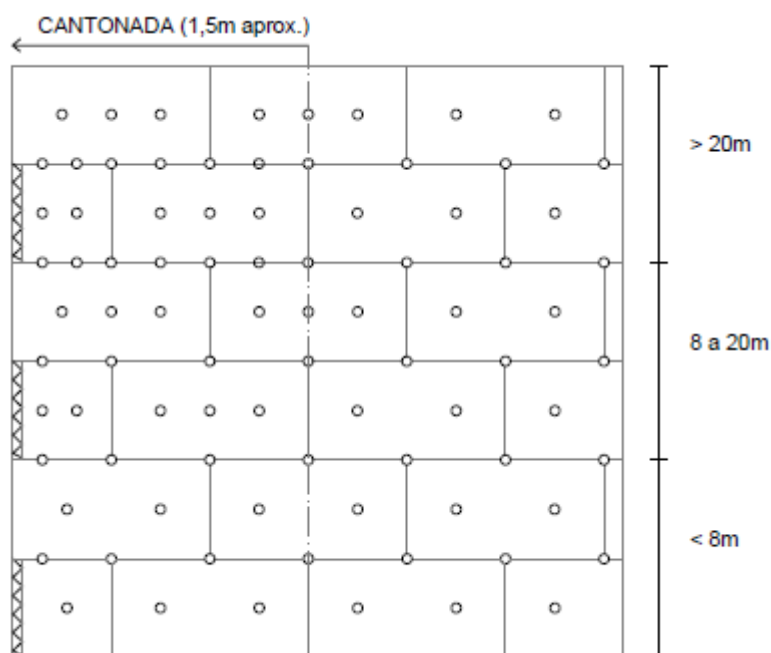
**Fig. 3.3.3a.** Disposal of anchorages on insulating panels . Source: Own Source

The necessary number of anchorages will be calculated having into account the action of the wind, as the DB SE AE section 3.3 of CTE specifies. In case these operations had not been done, we can consider the following table, which states the number of anchors per  $\text{m}^2$  we need to use at the edges of the building where the wind action is more aggressive.

Number of anchors per m²									
Value of wind speed Km/h	Surroundings of the building								
	TYPE I Free zone of constructions			TYPE II Protected			TYPE III High number of constructions		
	Building height (m)								
	<10	10 - 25	25 - 50	<10	10 - 25	25 - 50	<10	10 - 25	25 -50
< 85	6	6	6	6	6	6	6	6	6
85 - 115	8	10	12	8	8	10	6	8	6
115 - 135	10	12	12	10	12	12	8	10	12

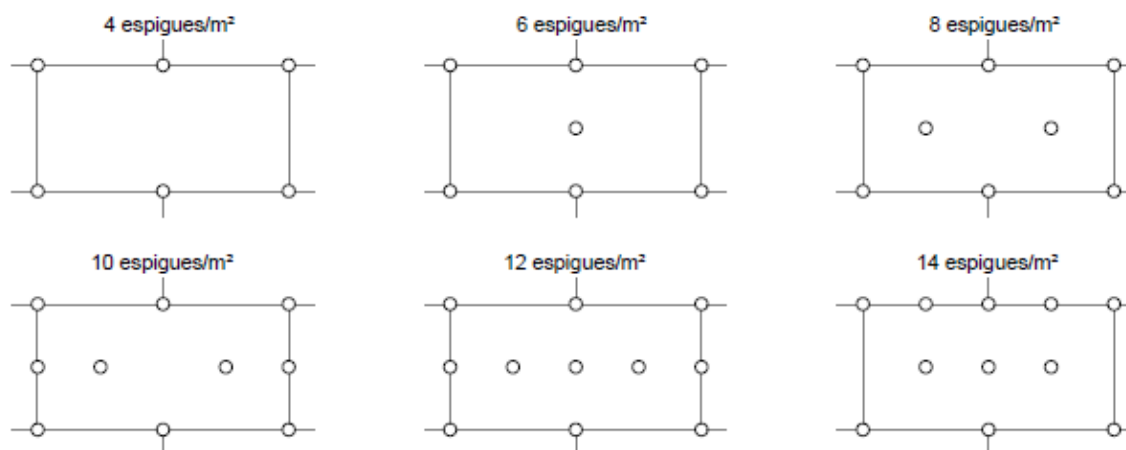
**Table 3.3.3a.** Number of anchors per  $\text{m}^2$  at the edges of building  
Source: *Guía SATE IDAE*

Distribution of anchors in edges of the building according to its height, as it is stated in the “*Guia SATE del IDAE*” (4).



**Fig. 3.3.3b.** Distribution of anchors in edges. Source: Own source

As a general rule, the distribution of the anchors will follow the pattern below, unless the technician specifies a different one:



The election of the chosen anchors will depend on the wall where they will be used and the necessary load capacity.

The minimum diameter of the anchor will be 50 mm. The length and the diameter of the plastic or metal nail will be taken into account regarding the type of support and the thickness of the insulating material. In case of application on the old covering, we will consider that thickness.

The ETAG 014 regulates the anchors in the ETICS systems, and classifies the type of wall according to the material it is made of for matching them with the type of anchors (categories) that can be used.

Categories	Wall Material
<b>A</b>	Concrete
	Prefabricated concrete panels
<b>B</b>	Solid clay bricks
	Solid sand-lime bricks
	Hollow concrete blocks
	Hollow clay bricks
<b>C</b>	Hollow sand-lime bricks
	Hollow lightweight concrete block
<b>D</b>	Lightweight concrete
<b>E</b>	Aerated concrete

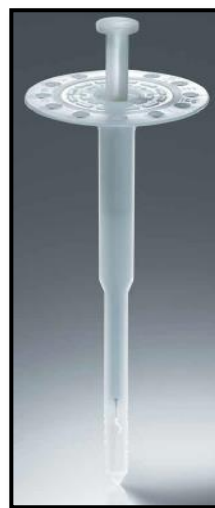
**Table 3.3.3b.** Category classification of wall material

In the previous table, it is not mentioned any category for wooden walls or metal finish. In this case, specific screw anchors are used (Figure 3.3.3c)

The anchors in the groups A, B and C can be made either by hammer-in (Figure 3.3.3d) or screw anchors, and in the groups D and E, they can only be made with screw anchors (Figure 3.3.3e).



**Fig. 3.3.3c.** Source: Catalogue EJOT



**Fig. 3.3.3d.** Source: Catalogue EJOT



**Fig. 3.3.3e.** Source: Catalogue EJOT

The anchors will not be installed before 24 hours after the installation of the boards with adhesive.

### 3.3.4 Fixing of insulating boards with profiles

When the irregularity of the wall where the ETICS should be applied is over 30mm per m, the boards should be installed using profiles (4). The inconvenient that it shows is that the only boards recommended for this are the EPS.

For the installation of the cross sections, we need to proceed in the same way as had been specified before in the section 3.3.1

The EPS boards that are used with profiles should have a slot in its perimeter so that the board is attached to the cross section (Figure 3.3.4a). Between the boards, there will be a vertical joining strip that helps the boards to show a good planimetry (Figure 3.3.4b)

The board will be added to the support by adhesive mortar, which will be applied in joining points, with a minimum covering of 20% of its surface. Depending on the height of the building, we will also need anchors.



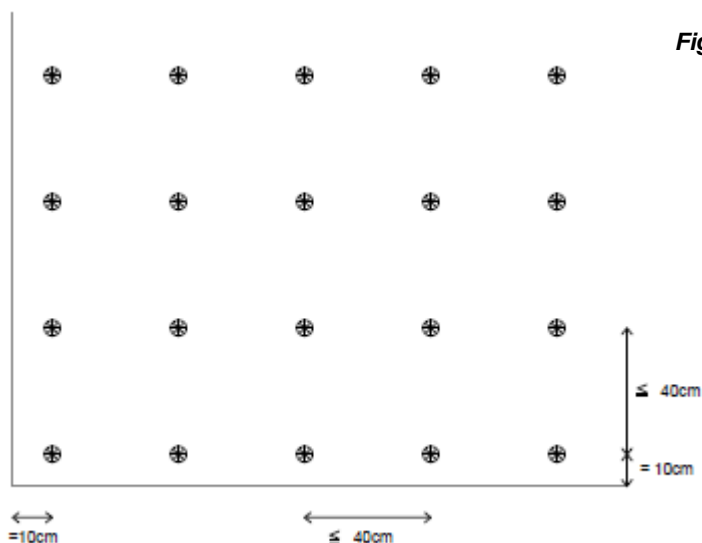
**Fig. 3.3.4a.** Slot in EPS panel.  
Source: Guía SATE IDAE



**Fig. 3.3.4b.** Vertical joint strip.  
Source: Guía SATE IDAE

### 3.3.5 Mixed fixing of insulating boards

The mixed fixation is another system which is only applicable with EPS insulating boards. Its staging consists of the installation of anchorages on the wall to be rehabilitated (Figure 3.3.5). Once it is installed, we cover it with a mortar layer and we place the boards, covering a 40% of the surface with mortar.



**Fig. 3.3.5.** Disposal of anchors in edge of the support. Source: Guía IDAE

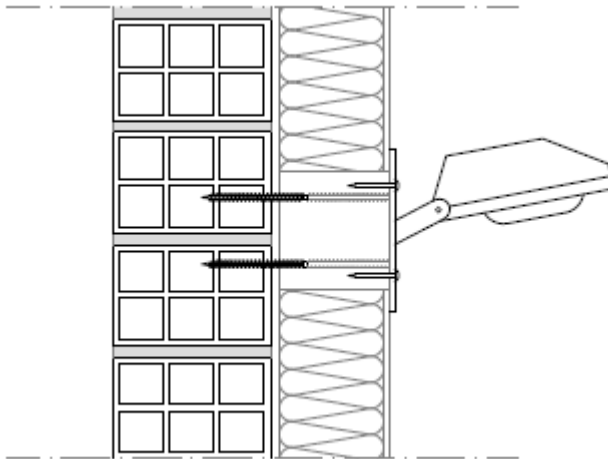


The advantages that this type of installation are: the insulating board has not only the adhesive as a contact with the wall, but also the anchorages reinforce this union and, in case the adhesion between the wall and the board are not the best ones, the anchorages would not let them come off. From an aesthetic point of view, we can reach a better finish than in other types of installations where the anchorages are placed on the boards, and in case there is an incorrect installation, we can see the top of the anchorages in the final result.

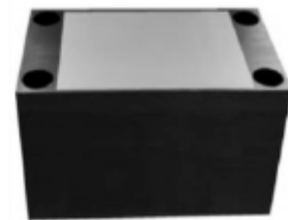
### **3.3.6 Special components**

In those points of the wall where there is a need of placing canopies, handrails, light points or any other element that implies a heavy load, we will use special pieces that will be directly attached to the support (Figure 3.3.6a) and will have adequate hygrothermal properties, so that neither thermal bridges nor condensations appear.

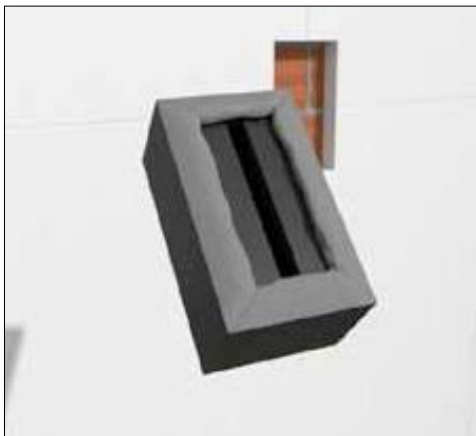
These pieces are usually manufactured with high density polyurethane and expanded polystyrene.



**Fig. 3.3.6a.** Detail of installation of light point in special piece. Source: Own source



**Fig. 3.3.6b.** Piece for installing heavy loads. Source: Catàleg Traditerm Grupo Puma



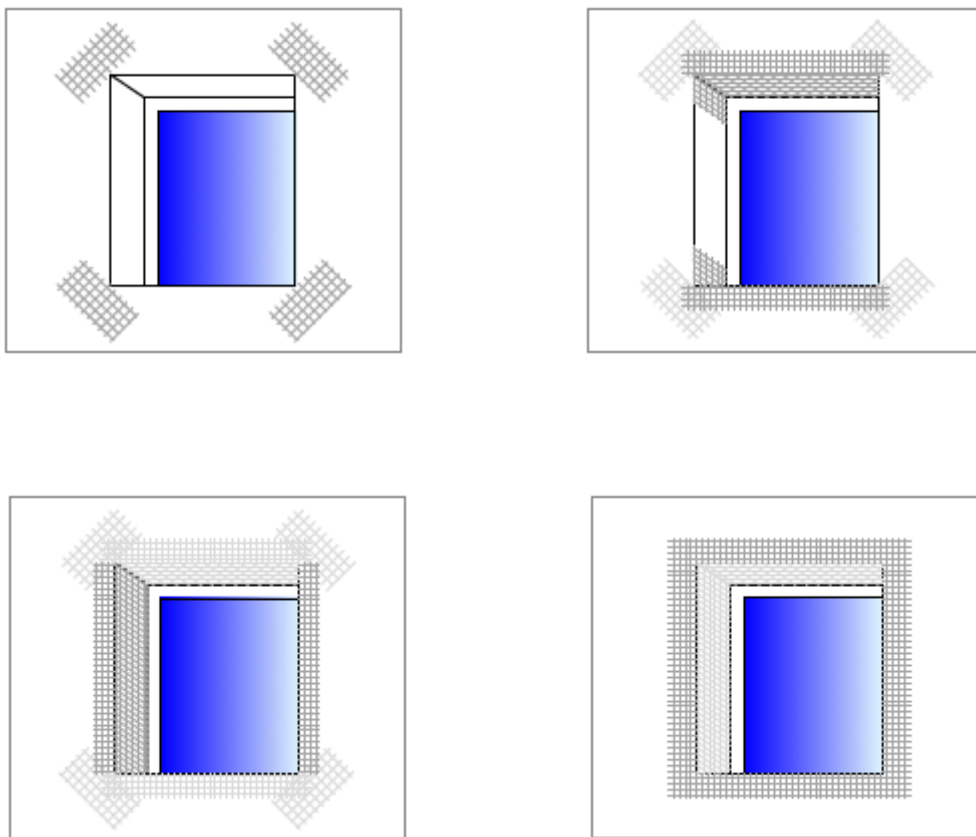
**Fig. 3.3.6c.** Piece installation. Source: Catàleg Traditerm Grupo Puma

### **3.3.7 Installation of reinforcement profiles and mesh**

Once the installation of the boards in their corresponding anchorages is finished, we need to protect all the edges with the suitable profiles, either made of PVC or aluminium. These must have a reinforcement mesh, and in singular points, such as the overhang, windowsill or base profile, it is recommendable that these profiles have a drip bead. Its installation will be made using a thin layer of mortar.

In the edges of windows and doors, we need to apply a glass fibre mesh with an anti-alkaline treatment diagonally, forming an approximate 45° angle, with the purpose of reinforcing these areas that are prone to the appearance of cracks. The interior part of the opening will also be reinforced with mesh.

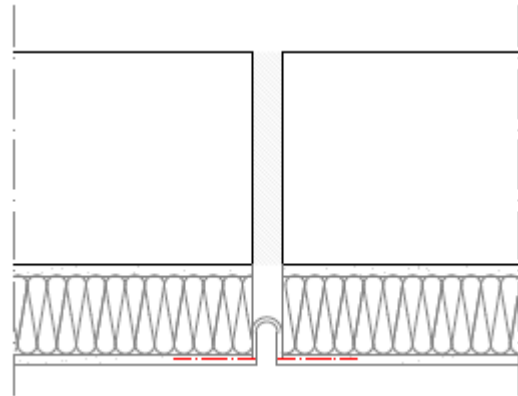
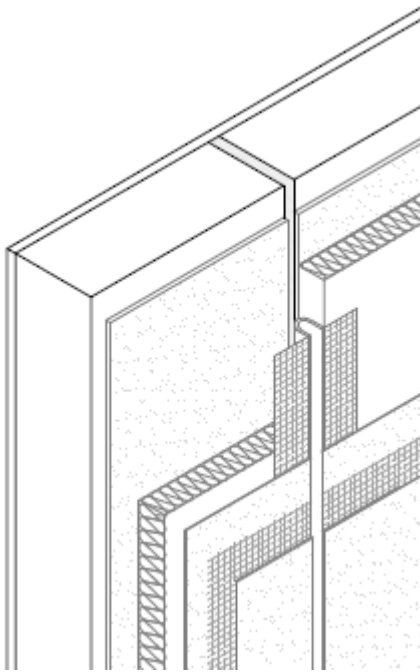
Application of reinforcement mesh in edges of the openings



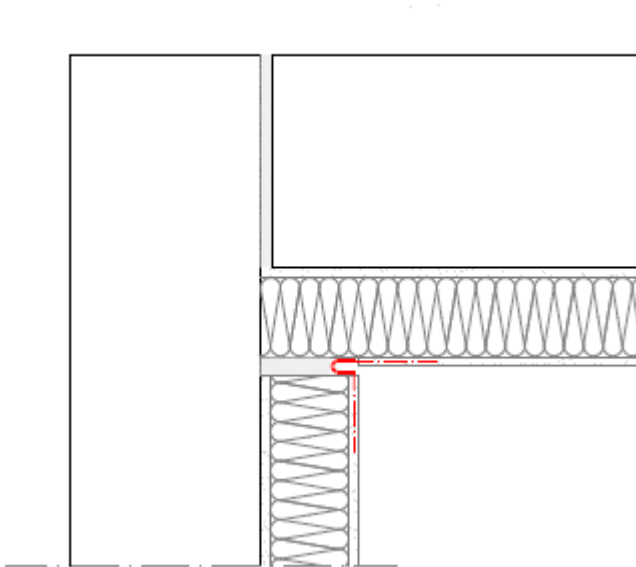
**Fig.3.3.7a.** Application of reinforcement mesh in the edges of the windows. Source: Own source

The expansion joints will be solved by using specific PVC or aluminium profiles that include about 10 cm of reinforcement mesh. In the space of the joint, it is recommendable to introduce stripes of insulating material so that it is not filled with mortar while installing it. Once all the covering is done, we will put flashing. (Figures 3.3.7b)

The encounter in interior edges will be solved as it is shown in the figure 3.3.7c



**Fig. 3.3.7b.** Axonometric and expansion joint section. Source: Own Source



**Fig. 3.3.7c.** Inside corner section. Source: Own source

Once the reinforcement with the corresponding profiles and mesh is done in the most problematic areas of the facade, the reinforcement mesh is installed all over the wall. This needs to be embedded in the mortar base, between the first layer that is used to stick the mesh to the board and the covering.

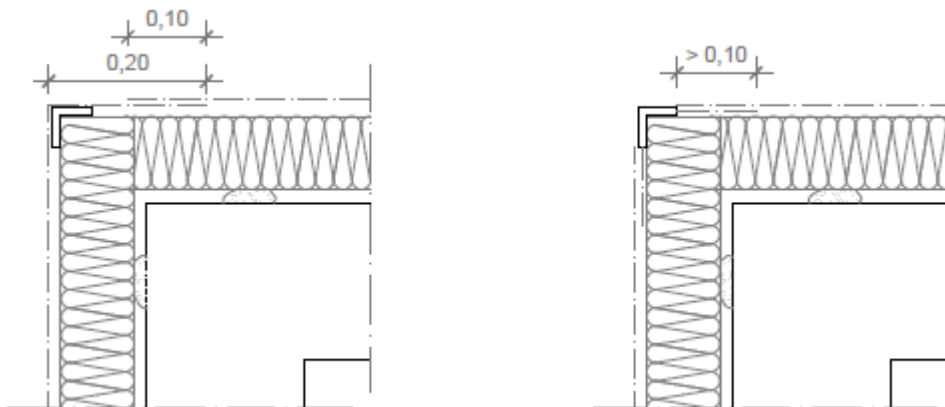
The thickness of this layer varies according to the insulating material used and the recommendations of applications from different manufacturers. However, as a guiding parameter, the “Guia SATE del IDAE” facilitates the following table:

Base coat thicknesses	Insulating material
3mm	EPS/PUR
5mm	EPS/PUR/ICB/MW
8mm	EPS/ICB/MW

**Table 3.3.7.** Base coat thickness table. Source: Guia IDAE

If we need resistance at the superior wall, we can get it with just a layer base so that it is an area of high risk impact. The solution that the manufacturers provide is to add a second layer, applied after the first one, with a reinforcement mesh.

The reinforcement meshes should be overlapped, with a minimum of 10 cm between them, all over the wall and edges. In case the cross section does not have a mesh, we will have to extend the mesh at least 20 cm in the edge (Figures 3.3.7d)



**Fig. 3.3.7d.** Application of fibre mesh reinforcement in edges of building. Source: Own source

### **3.3.7 Finishing coat application**

The ETICS systems have a wide range of finishes to be able to choose the most appropriate one, according to the features that are demanded to the layer or the architectural aesthetics we want to achieve.

Its function is to protect the system against the external agents. The essential requirements are to be waterproof and have a water steam permeability.

The application of this layer should be done following the instructions of the manufacturer.

### **3.4 LESIONS IN ETICS SYSTEMS**

The lesions that appear in this section make a reference to different type of lesions that can appear in the facades for bad execution of work of ETICS system. (6)

#### **Cracks**

- Wrong preparation of the support
- Wrong fixation of the thermal insulation boards with the support
- Fixation of thermal insulations boards with thicknesses < 40mm by the method of cord of mortar.
- Realisation of the setting of insulation boards without following an assembly pattern boards discontinuously.
- Placing the insulation boards on the expansion joint.
- Coincidence joints between insulating boards and corner of openings.
- Contact between corners beads.
- Existence of mortar between the insulating boards
- Inexistence of overlapping of reinforcing mesh or that is less than 10 cm.
- Application of reinforcement mesh directly on the insulation boards.
- Inexistence of reinforcement mesh in the corners of openings.

#### **Aesthetics defects**

- For signal of anchors in façade due to they have not entered sufficiently in the insulation boards
- For signal between joints of the insulation boards in the facade. The causes might be that the support doesn't have a correct planarity, the lack of flatness when placing the insulation boards, or in case the insulation boards were of EPS that have not proceeded to polishing them.

#### **Generalised detachment of the system**

- Weak support
- Wrong preparation of support
- Absence of anchors

#### **Detachment or buckling of the top coat**

- Absence of primer coat
- Breach of the cured time of the layer base and applying the primer coat.

#### **Dampness by filtrations**

- Wrong sealed in the meetings of the system with the facade such as carpentries of windows.

**Variations in the aspect of the top coat**

- Product application in different weather conditions, causes a difference in the drying process of the product and this cause a different tonality in top coat.
- Different thicknesses of top coat, as well as different ways to execute the application of product can generate different textures and tonalities.
- Due to metrological causes it begins to rain soon after the application of the finish.

**3.5 ENVIRONMETAL IMPACT AND LIFE CICLE ASSESSMENT**

If we want to help to reduce the environmental impact going a step beyond what we already got by isolating our buildings in an appropriate manner, it's interesting to know what are the emissions and the energy consumption generated throughout the life of the material, from their extraction to their recycling or end of life.

The regulations governing the guidelines and requirements for the life cycle assessment are ISO 14040 and 14044, and specifically for constructions products the environmental product declarations are regulated by the ISO 21930 and UNE-EN 15804.

**Life cycle assessment (LCA)**

The life cycle assessment of a material is a process that assesses the environmental impact of the material on the environment by using different parameters from their extraction to the end of their life, with the aim of making comparisons between different materials in order to select the best option.

The parameters considered are the following:

- **GWP.** Global Warming Potential  
Measures the effect of overheating of the planet due to increasement of the greenhouse gases on the atmosphere. It is measured in kg of CO<sub>2</sub> eq.
- **OPD.** Ozone Depleting potential  
It measures the effect of the decreasing of the ozone layer that protects the Earth from ultraviolet rays due to certain compounds containing chlorine and bromine when they reach the stratosphere. It is measured in kg of CFC11eq.
- **AP.** Acidification Potential  
It measures the effect of variation of acidifications as a result of the provision of acids resulting from the release of nitrogen oxides and sulfides in the atmosphere, land and water. It is measured in kg of SO<sub>2</sub> eq.
- **EP.** Eutrophication Potential  
It measures the high levels of nutrients in water and soil. Its increase is detrimental to aquatic life due to massive algae growth that doesn't permit the entrance of sunshine to produce oxygen. It is measured in kg of PO<sub>4</sub>.

- **POCP.** Photochemical Ozone Creation Potential  
Measures the increase of photochemical oxidants. They are produced when sunlight reacts with hydrocarbons, nitrogen oxides and volatile organic compounds, producing environmental pollution called smog. It is measured in kg de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq.
- **ADP.** Abiotic Depletion Potential  
It measures the decreasing availability of non-renewable natural resources. It is measured in kg of Sb eq.

These parameters are calculated for a defined functional unit of the material that we are going to evaluate.

All parameters specified above are applied in different stages in the life cycle of the material, in order to obtain the results of their environmental impact in all of its stages.

Product stage:

- A1: Raw materials supply
- A2: Transport of raw materials to factory
- A3: Manufacturing

Construction stage:

- A4: Transport of materials from the factory to the installation place
- A5: Installation of the materials in the building

Use stage:

- B1: Use
- B2: Maintenance
- B3: Repair
- B4: Replacement
- B5: Refurbishment
- B6: Operational energy use
- B7: Operational water use

End of life stage:

- C1: De-construction demolition
- C2: Transport
- C3: Waste processing
- C4: Disposal

Benefits and loads beyond the system boundary

- D: Reuse, Recovery and Recycling

Only the Product stage is mandatory as the impact of making a product doesn't vary depending on where it is used. The other stages may vary depending on the use that the

owners give, and how the final waste disposal will be made, so it is not something comparable among other materials like in the first stage.

#### **4. STUDY OF THE OFFER IN THE ETICS MARKET**

The ETICS offer in the market is really wide. There are businesses that are devoted to the manufacturing of all the components that form the ETICS, with the exception of profiles and anchorages. Other companies, also offer ETICS, but they only make some parts of it, because the other components are supplied by other manufacturers.

At the beginning of the ETICS systems, the materials that the companies offered for their execution were the expanded polystyrene and the mineral wool; two insulating materials that, even though time goes by and there are other modern insulating materials, are still the most used in these systems. The possible reason for having been applied at the beginning could be the fact of being the only material having DITE. The reason why they are so used nowadays may be because of the experience in its use or because there is not any knowledge of other insulating materials that can also be applied with such good results.

Below, there is a detailed explanation about the insulating materials we have available in the market to be applied in ETICS system, and performs the minimum features demanded in these systems.

##### **Expanded Polystyrene (EPS)**

Cell plastic and rigid material manufactured from a modelling of preexpanded beads made of expanded polystyrene or one of its copolymers, which presents a structure of closed and full of air cells.

Its final composition results in a 98% of occluded air in a polymeric structure of closed cell that provides the product with good features as thermal insulators. (7)

##### **Extruded Polystyrene (XPS)**

Rigid insulating foam, with thermoplastic character and closed cell structure, which is totally closed and provides good features regarding water absorption and thermal insulator. (8)

##### **Polyisocyanurate (PIR)**

Synthetic material which is obtained from the mixture of two components through chemical procedures of kerosene and sugar. Isocyanate and Polyol. Its cell closed structure is what provides it with good thermal properties.

##### **Phenolic Foam (PF)**

Rigid cellular foam with a polymeric structure, which is obtained from the phenol polycondensation, equivalent to or derived from aldehyde or acetone. (9)

##### **Mineral wool (MW)**

Material made from a framework of threads gotten from the basalt rock. Its high porosity and the fact it is open, is what gives it good thermal and acoustic features. (10)

##### **Wool glass (WG)**

Material made from a framework of threads gotten from silicic sands and, optionally, recycled glass. Like the mineral wool, it offers a porous structure that provides it with good thermal and acoustic features.



**Cork (ICB)**

100% natural material which is subjected to a heat treatment that implies the fusion with a biopolymer existent in its cell structure and works as a binder for creating the insulating boards without adding any chemical additive. (11)

**Wood fibres (WF)**

Material made from chipboard using natural binders specific from wood or PUR resins. (12)

**Cellular glass (CG)**

Material made from feldspars and recycled white glass, from which we obtain glass powder that is mixed with carbon to create the insulating boards.

**Thermal insulating mortars**

Mortars that present good features as thermal insulators.

Once the insulating materials' offer is known for carrying out ETICS, it is important to study their properties so that we can choose the solution that better suits our necessities and the features we want to obtain.

If the ETICS have DITE/ETE, they will ensure that the system has followed some tests and guarantee the compatibility among the materials, as well as the properties of each of them.

The study of the ETICS offer has been made in 25 companies that offer this type of system, with the aim of analysing the materials they are made of. In order to get this information, we have collected some information which has been classified, so that we could create some tables and organize their properties and certificates that evaluate them in each case.

The next table details the ETICS composition or the material that the business offers to make it.